

Aus dem Institut für Landnutzung
der Agrar- und Umweltwissenschaftlichen Fakultät

**Untersuchungen zu Fragen der Schnitt- und
Weidenutzung in Abhängigkeit von Düngungsintensität
und Grünlandstandort**

Dissertation

zur

Erlangung des akademischen Grades
Doktor der Agrarwissenschaften (doctor agriculturae)
an der Agrar- und Umweltwissenschaftlichen Fakultät
der Universität Rostock

Vorgelegt von:

Dipl.-Ing. agr. Eyad Alabsi

Aus Syrien

Rostock 2010

Gutachter:

Prof. Dr. Renate Schönfeld-Bockholt

(Universität Rostock, Institut für Landnutzung)

PD Dr. Bettina Eichler-Löbermann

(Universität Rostock, Institut für Landnutzung)

Prof. Dr. Johannes Isselstein

(Universität Göttingen, Graslandwissenschaft, Von-Siebold-Str. 8)

Prof. Dr. Dr. h.c. Wilhelm Opitz von Boberfeld

(Justus-Liebig-Universität Gießen, Grünlandwirtschaft und Futterbau)

Tag der öffentlichen Verteidigung: 04.02.2011

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Literaturübersicht.....	4
2.1	Tendenzen und Zeiträume der Grünlandintensivierung sowie der gegenwärtigen Extensivierung	4
2.2	Kontrollierte Extensivierung in Nordostdeutschland (M-V) in Form der naturschutzgerechten Grünlandnutzung und des ökologischen Landbaus	8
2.3	Gegenüberstellung extensiver und intensiver Schnitt- und Weidenutzung auf Grünland.....	10
2.3.1	Trockenmasseertrag	11
2.3.2	Futterqualität	14
2.3.3	Botanische Zusammensetzung.....	21
3	Material und Methoden	23
3.1	Material.....	23
3.1.1	Standort	23
3.1.1.1	Petschow bei Rostock (Niedermoorgrünland).....	23
3.1.1.2	Versuchsstation Universität Rostock (Mineralbodengrünland).....	24
3.1.2	Witterung	24
3.1.3	Varianten und Versuchsanlage	26
3.1.3.1	Petschow bei Rostock (Niedermoorgrünland).....	26
3.1.3.2	Versuchsstation Universität Rostock (Mineralbodengrünland).....	27
3.1.4	Futterwirtschaftliche, botanische und bodenkundliche Prüfmerkmale .	29
3.2	Methoden	29
3.2.1	Bodenprofilbeschreibung	29
3.2.2	Bodennährstoffgehalte	29
3.2.3	Ertragsermittlung und Probenaufbereitung	30
3.2.4	Rohaschebestimmung	31
3.2.5	Bestimmung des Stickstoff- und Rohproteingehaltes.....	31
3.2.6	Bestimmung der Nährstoffe Phosphor und Kalium	31
3.2.7	Bestimmung des Rohfasergehaltes	32
3.2.8	Bestimmung der Verdaulichkeit (ELOS)	32

3.2.9	Ermittlung der Energiegehalte (Umsetzbare Energie und Nettoenergie Laktation)	32
3.2.10	Mathematisch-Statistische Methoden	34
4	Ergebnisse	35
4.1	Standort Petschow bei Rostock auf Niedermoorgrünland	35
4.1.1	Bodennährstoffgehalte	35
4.1.2	Biodiversität der höheren Pflanzen und ökologische Kennzahlen	37
4.1.3	Trockenmasseerträge	43
4.1.3.1	Grundertrag und Düngerwirkung im Vergleich von Schnitt- und Weidenutzung	43
4.1.3.2	Lineare Mehrfachregressionen unter Einbeziehung von Witterungsparametern sowie von Grundwasserniveau und Düngung ..	47
4.1.3.3	Erntewürdigkeit der Aufwüchse	49
4.1.4	Ausgewählte futterwirtschaftliche Parameter	52
4.1.4.1	Stickstoffgehalt	52
4.1.4.2	Phosphorgehalt	53
4.1.4.3	Kaliumgehalt	54
4.1.4.4	Rohproteingehalt	55
4.1.4.5	Rohfasergehalt ausgewählter Varianten 2006	56
4.1.4.6	Verdaulichkeit bzw. Enzymlöslichkeit der organischen Substanz	57
4.1.4.7	Energiegehalte (Metabolische Energie und Nettoenergie Laktation) ...	58
4.1.4.8	Energieerträge im Vergleich von Schnitt- und Weidenutzung	59
4.1.5	Nährstoffentzug N, P, und K bei Schnittnutzung bzw. Nährstoffumsatz bei Weidenutzung	60
4.1.6	Nährstoffentzug N, P, und K bei Schnitt- und Weidenutzung	62
4.2	Standort Versuchsstation Universität Rostock auf Mineralbodengrünland	64
4.2.1	Bodennährstoffgehalte	64
4.2.2	Biodiversität der höheren Pflanzen und ökologische Kennzahlen	67
4.2.3	Trockenmasseerträge	72
4.2.3.1	Relation zwischen den Grünlanderträgen und den jährlichen Witterungsschwankungen	76

4.2.3.2	Erntewürdigkeit der Aufwüchse	80
4.2.4	Ausgewählte futterwirtschaftliche Parameter	83
4.2.4.1	Stickstoffgehalt	83
4.2.4.2	Phosphorgehalt.....	84
4.2.4.3	Kaliumgehalt	85
4.2.4.4	Rohproteingehalt	86
4.2.4.5	Rohfasergehalt ausgewählter Varianten 2006	87
4.2.4.6	Verdaulichkeit bzw. Enzymlöslichkeit der organischen Substanz	88
4.2.4.7	Energiegehalte (Metabolische Energie und Nettoenergie Laktation) ...	89
4.2.4.8	Energieerträge im Vergleich von Schnitt- und Weidenutzung	90
4.2.5	Nährstoffentzug bei Schnittnutzung bzw. Nährstoffumsatz bei Weidenutzung	91
5	Diskussion der Ergebnisse	93
5.1	Wirkung der Extensivierung auf die Bodennährstoffgehalte im Vergleich von Schnitt- und Weidenutzung.....	93
5.2	Wirkung der Extensivierung auf das Pflanzeninventar im Vergleich von Schnitt- und Weidenutzung	95
5.3	Wirkung der Extensivierung auf Ertrag, Wuchshöhen und Nutzungswürdigkeit der Aufwüchse im Vergleich von Schnitt- und Weidenutzung	99
5.4	Wirkung der Extensivierung auf Qualitätsparameter des Futters und Energieertrag im Vergleich von Schnitt- und Weidenutzung	103
5.5	Wirkung der Extensivierung auf Nährstoffentzug bei Schnittnutzung und Nährstoffumsatz bei Weidenutzung.....	108
6	Zusammenfassung und Schlussfolgerungen.....	110
7	Literaturverzeichnis	113
8	Thesen.....	131
9	Anhang.....	135

Tabellen- und Abbildungsverzeichnis

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Intensitätsstufen der Grünlandnutzung in Anpassung an landwirtschaftliche Wasserstufen.....	6
Tabelle 2: Naturschutzgerechte Grünlandnutzung in M-V	9
Tabelle 3: Betriebe und landwirtschaftlich genutzte Fläche im ökologischen Landbau (Deutschland).....	10
Tabelle 4: Grünlanderträge auf Niedermoor zur Zeit der Intensivierung	13
Tabelle 5: Grünlanderträge auf Mineralboden zur Zeit der Intensivierung	13
Tabelle 6: Nährstoff- und Energiegehalt im Weidegras	15
Tabelle 7: P-Gehalte im Weidegras	19
Tabelle 8: K-Gehalt im Weidegras	20
Tabelle 9: Einfluss erhöhter Schnitzzahlen und gesteigerter N-Düngung auf die Massenanteile wichtiger Arten im Dauergrünland	21
Tabelle 10: Versuchsaufbau mit Faktoren- und Stufencharakteristik auf Niedermoorgrünland	26
Tabelle 11: Versuchsaufbau mit Faktoren- und Stufencharakteristik auf Mineralbodengrünland	28
Tabelle 12: Prüfmerkmale.....	29
Tabelle 13: Erntetermine für Schnitt- und Weidenutzung	30
Tabelle 14: Mittlere Bodennährstoffgehalte mit Versorgungsstufen	35
Tabelle 15: Der mittlere Deckungsgrad der Pflanzenarten nach 8-jähriger Nutzung (2006)	39
Tabelle 16: Diversitätsvergleich von Parzellen nach Düngung und Nutzung...	41
Tabelle 17: Futterwirtschaftliche und ökologische Kennzahlen	42
Tabelle 18: Statistische Signifikanz des Ertrags und Wechselwirkungen der Prüffaktoren	43
Tabelle 19: Mittlere jährliche TM-Erträge bei Schnitt- und Weidenutzung	44
Tabelle 20: Mittlere Mehrerträge gegenüber der 0- Variante (1999-2006)	46
Tabelle 21: Ergebnisse der linearen Mehrfachregression zur Abschätzung partieller Faktoreffekte auf den Jahresertrag an Biomasse.....	48
Tabelle 22: Mittlere TM-Erträge in Abhängigkeit von einzelnen Aufwüchsen bei Schnitt- und Weidenutzung	50

Tabelle 23: Mittlere Wuchshöhe in Abhängigkeit von einzelnen Aufwüchsen bei Schnittnutzung	51
Tabelle 24: Mittlere Wuchshöhe in Abhängigkeit von einzelnen Aufwüchsen bei Weidenutzung	51
Tabelle 25: Mittlere N-Gehalte bei Schnitt- und Weidenutzung in den Jahren 2000 und 2006	52
Tabelle 26: Mittlere P-Gehalte bei Schnitt- und Weidenutzung in den Jahren 2000 und 2006	53
Tabelle 27: Mittlere K-Gehalte bei Schnitt- und Weidenutzung in den Jahren 2000 und 2006	54
Tabelle 28: Mittlere Rohproteingehalte bei Schnitt- und Weidenutzung in den Jahren 2000 und 2006	55
Tabelle 29: Mittlere Rohfasergehalte bei Schnitt- und Weidenutzung (2006) ..	56
Tabelle 30: Enzymlösliche organische Substanz (ELOS) bei Schnitt- und Weidenutzung im Jahr 2006	57
Tabelle 31: Mittlere Energiedichten bei Schnitt- und Weidenutzung (2006)	58
Tabelle 32: Mittlere Energieerträge bei Schnitt- und Weidenutzung (2006)	59
Tabelle 33: Mittlerer Nährstoffentzug bei Schnittnutzung bzw. Nährstoffumsatz bei Weidenutzung in den Jahren 2000 und 2006	61
Tabelle 34: Mittlere Bodennährstoffgehalte mit Versorgungsstufen	65
Tabelle 35: Der mittlere Deckungsgrad der Pflanzenarten (%) im Jahr 2006 ..	68
Tabelle 36: Diversitätsvergleich von Parzellen nach Düngung und Nutzung ...	71
Tabelle 37: Futterwirtschaftliche und ökologische Kennzahlen	71
Tabelle 38: Statistische Signifikanz des Ertrags und Wechselwirkungen der Prüffaktoren	72
Tabelle 39: Mittlere jährliche TM-Erträge bei Schnitt- und Weidenutzung	74
Tabelle 40: Mittlere Mehrerträge gegenüber der 0- Variante (2001-2006)	76
Tabelle 41: Ergebnisse der linearen Mehrfachregression für den TM-Ertrag (2001-2003)	78
Tabelle 42: Ergebnisse der linearen Mehrfachregression für den TM-Ertrag (2005-2006)	79
Tabelle 43: Ergebnisse der linearen Mehrfachregression des TM-Ertrags für die durchgängigen Weidevarianten (2001-2006)	79

Tabelle 44: Mittlere Wuchshöhe in Abhängigkeit von einzelnen Aufwüchsen bei Schnitt- und Weidenutzung	80
Tabelle 45: Mittlere TM-Erträge in Abhängigkeit von einzelnen Aufwüchsen bei Schnittnutzung	81
Tabelle 46: Mittlere TM-Erträge in Abhängigkeit von einzelnen Aufwüchsen bei Weidenutzung	82
Tabelle 47: Mittlere N-Gehalte bei Schnitt- und Weidenutzung in den Jahren 2002 und 2006	83
Tabelle 48: Mittlere P-Gehalte bei Schnitt- und Weidenutzung in den Jahren 2002 und 2006	84
Tabelle 49: Mittlere K-Gehalte bei Schnitt- und Weidenutzung in den Jahren 2002 und 2006	85
Tabelle 50: Mittlere Rohproteingehalte bei Schnitt- und Weidenutzung in 2002 und 2006	86
Tabelle 51: Mittlere Rohfasergehalte bei Schnitt- und Weidenutzung (2006)..	87
Tabelle 52: Enzymlösliche organische Substanz (ELOS) bei Schnitt- und Weidenutzung im Jahr 2006	88
Tabelle 53: Mittlere Energiedichten bei Schnitt- und Weidenutzung im Jahr 2006	89
Tabelle 54: Mittlere Energieerträge bei Schnitt- und Weidenutzung im Jahr 2006	90
Tabelle 55: Mittelwerte Nährstoffentzug bei Schnittnutzung bzw. Nährstoffumsatz bei Weidenutzung in den Jahren 2002 und 2006.....	92

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Einflussfaktoren auf Ertrag und Qualität von Grünlandfutter	2
Abbildung 2: Auslieferung von mineralischen Düngemitteln an die Landwirtschaft.....	8
Abbildung 3: Jahrganglinien von Temperaturmittel und Niederschläge.....	25
Abbildung 4: Skizze Lageplan bei Petschow in Rostock auf Niedermoor.....	27
Abbildung 5: Skizze Lageplan bei Versuchsstation Universität Rostock auf Mineralbodengrünland	28
Abbildung 6: Boxplot der K_2O -Gehalte des Bodens im Jahr 2006 in Abhängigkeit von der Nutzung.....	36
Abbildung 7: Boxplot der P_2O_5 -Gehalte des Bodens im Jahr 2006 in Abhängigkeit von der Nutzung.....	37
Abbildung 8: Darstellung der Präsenz der Pflanzenarten geordnet nach der Nutzung und der Düngung (Seriation).	38
Abbildung 9: Das Artenpotential des Versuchsstandortes in Abhängigkeit von der Anzahl an Aufnahmeflächen.....	41
Abbildung 10: Die jährlichen TM-Erträge bei Schnittnutzung	45
Abbildung 11: Die jährlichen TM-Erträge bei Weidenutzung	46
Abbildung 12: Vergleich der Witterungsverläufe von 2001 und 2003	47
Abbildung 13: N-Entzug bei Schnitt- und Weidenutzung (2000 und 2006).....	62
Abbildung 14: P-Entzug bei Schnitt- und Weidenutzung (2000 und 2006).....	63
Abbildung 15: K-Entzug bei Schnitt- und Weidenutzung (2000 und 2006).....	63
Abbildung 16: Boxplot der K_2O -Gehalte des Bodens im Jahr 2006 in Abhängigkeit von der Nutzung.....	65
Abbildung 17: Boxplot der P_2O_5 -Gehalte des Bodens im Jahr 2006 in Abhängigkeit von der Nutzung.....	66
Abbildung 18: Darstellung der Präsenz der Pflanzenarten geordnet nach der Nutzung und der Düngung (Seriation) im Jahr 2006.....	69
Abbildung 19: Das Artenpotential des Versuchsstandortes in Abhängigkeit von der Anzahl an Aufnahmeflächen.....	70
Abbildung 20: Die jährlichen TM-Erträge bei Schnittnutzung	75
Abbildung 21: Die jährlichen TM-Erträge bei Weidenutzung	75
Abbildung 22: Der jährliche Trockenmassertrag und Niederschlag.....	77

Abkürzungsverzeichnis

BMELV	Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz
ELOS	Enzymlöslichen organischen Substanz
F	Feuchtzahl
K	Kalium
KWB	Klimawasserbilanz
LF	landwirtschaftliche Fläche
MJ ME	Energiedichte in Megajoule Metabolische Energie
Mg	Magnesium
GM	Grünmasse
GWF	Grundwasserniveau
MLUV	Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz
MJ NEL	Energiedichte in Megajoule Nettoenergielaktation
N	Stickstoff
P	Phosphor
TM	Trockenmasse
TS	Trockensubstanz
XF	Rohfaser
XP	Rohprotein

1 Einleitung

In Mecklenburg-Vorpommern wird langjährig eine landwirtschaftliche Nutzfläche von 1,3 Millionen ha bewirtschaftet, darunter 79% Ackerland und 21% Grünland (MLUV 2008). Mecklenburg-Vorpommern verfügt unter allen Bundesländern über den höchsten relativen Flächenanteil an Moorstandorten (zwischen ca. 11% und 12% der Wirtschaftsfläche). Die Gesamtmoorfläche beläuft sich auf 290.000 bis 300.000 ha. Darin enthalten ist ein Hochmooranteil von ca. 5.000 ha. Von den Moorstandorten befinden sich derzeit schätzungsweise knapp 70% in der landwirtschaftlichen, maximal 15% in der forstwirtschaftlichen Nutzfläche, der Rest umfasst Naturschutzgebiete, ehemalige Torfstiche, Seeuferstreifen, Vordeichflächen sowie sonstige Kleinmoore unterschiedlicher Nutzungsformen (HANETSCHAK 2002). 76% der Wiesen und Weiden Mecklenburg-Vorpommerns liegen auf Niedermoor bzw. sind meist kleinflächige Reste von Grünland auf Mineralboden. Sie bilden weiterhin die Futtergrundlage für 562.588 Rinder, 104.300 Schafe und 13.040 Pferde (MLUV 2009).

Die Intensivierung der Landwirtschaft hat in den letzten Jahrzehnten zu einem deutlichen Rückgang der Pflanzen- und Tierarten auf den meisten landwirtschaftlich genutzten Flächen geführt. In Mecklenburg-Vorpommern wurde bei gleichbleibendem Grünlandanteil eine Reduzierung der Tierbestände beobachtet (BMELV 2007). Auf den meisten Grünlandflächen fand eine Reduzierung der Intensität statt- ein Vorgang, der noch nicht abgeschlossen ist. Aus ökologischen und marktwirtschaftlichen Gründen kann die Weideextensivierung in verschiedenen Stufen erfolgen (BOCKHOLT et al. 1996). Die Grünlandextensivierung ist gekennzeichnet durch den Verzicht auf Neuansaat sowie durch eine Reduzierung der Düngung und der Schnitthäufigkeit. Die sehr extensive Nutzung entspricht den Richtlinien des Naturschutzes, während eine halb-extensive Nutzung den Richtlinien des ökologischen Landbaus entspricht (BOCKHOLT & FUHRMANN 1994). Nutzungshäufigkeit, Düngungsart, Besatzstärke bei Beweidung und Massnahmen der Bestandespflege variieren entsprechend.

Sowohl der Grünlandertrag als auch die Qualität des Grünlandfutters werden von zahlreichen Standort- und Bewirtschaftungsfaktoren gesteuert, die in mehr-

facher Weise zusammenwirken (Abbildung 1). Die natürlichen Standortverhältnisse wie Bodentyp, Grundwasserabstand und Exposition der Fläche können, wie die klimatischen Verhältnisse, die Ertragsleistung des Grünlands beeinflussen. Das Niveau der Düngung und die Frequenz der Nutzung sind jedoch im Grünland sehr eng miteinander verknüpft, deshalb müssen sie im Hinblick auf eine nachhaltige und die umweltökologischen Erfordernisse berücksichtigende Landwirtschaft gut aufeinander abgestimmt sein (PÖTSCH 2009). Der Pflanzenbestand bestimmt mit seiner Zusammensetzung (Gräser, Leguminosen, Kräuter) das Leistungs- und Qualitätspotential des Grünlandes.

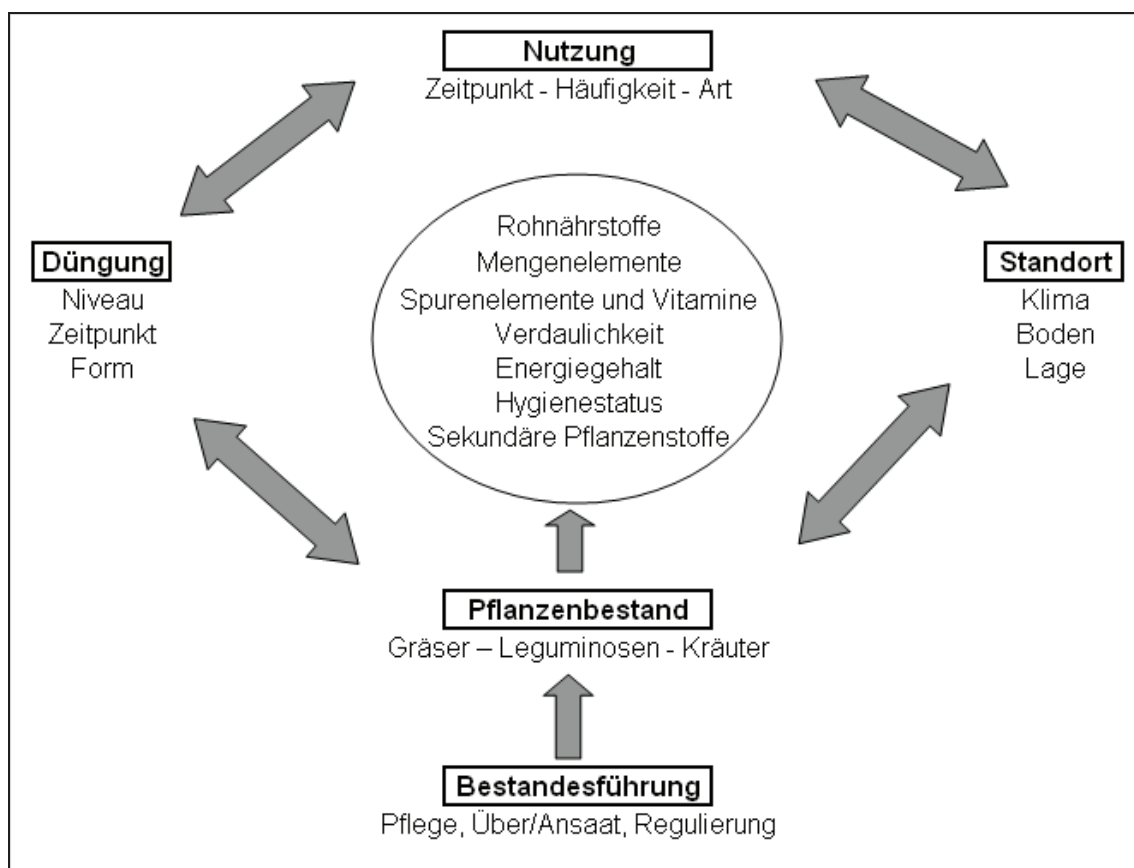


Abbildung 1: Haupteinflussfaktoren auf Ertrag und Qualität von Grünlandfutter (nach PÖTSCH 2009)

In zwei praxisnahen Versuchen wurde ein Vergleich zwischen mehrjähriger Schnitt- und Weidenutzung in Abhängigkeit von verschiedenen Düngungsintensitäten durchgeführt. Einflüsse der Versuchsfaktoren auf Ertrag, Futterqualität, Bodennährstoffe und botanische Zusammensetzung auf zwei typischen Grün-

landstandorten, 1. einer Versuchsfläche in der Nähe von Rostock in Petschow (Niedermoor, Jahr 1999 bis 2006) und 2. einer Versuchsfläche auf der Versuchstation der Universität Rostock (Mineralboden, Jahr 2000 bis 2006) wurden untersucht.

Folgende Fragestellungen wurden formuliert:

- Wie verändert sich der Nährstoffgehalt des Bodens im Vergleich von Schnitt- und Weidenutzung auf Niedermoor bzw. auf Mineralboden?
- Wie verändern sich die botanische Diversität und die ökologischen Kennzahlen in Abhängigkeit von den Düngungsstufen nach mehrjähriger Schnitt- und Weidenutzung auf Niedermoor- und Mineralbodengrünland?
- Wie groß ist das Ausmaß der Ertragsreduzierung der Extensivierung in den geprüften Varianten im Vergleich zur vorherigen intensiven Nutzung?
- Wirken die im ökologischen Landbau zugelassenen Düngemittel anders oder besser als die im konventionellen Landbau zugelassenen Düngemittel?
- Welchen Einfluss üben die Witterungsparameter und der Grundwasserflurabstand auf den jährlichen Grünlandertrag sowie die Wachstumsverläufe aus?

2 Literaturübersicht

2.1 Tendenzen und Zeiträume der Grünlandintensivierung sowie der gegenwärtigen Extensivierung

In der Grünlandliteratur taucht der Begriff Extensivgrünland erst in den letzten zwei Jahrzehnten auf, z.B. bei JACOB (1987). In der älteren Literatur findet man fast nur eine Beschreibung der Intensivierung. Der Zustand der zu intensivierenden Grünlandflächen wird nur so weit beschrieben, wie sich daraus die Möglichkeiten der Grünlandverbesserung ableiten lassen (KLAPP 1951, 1954). Solche Extensivnutzungen von Grünland mit geringem Besatz der Weidetiere je Flächeneinheit und gar keiner oder nur geringer Zufuhr von Handelsdünger finden auch gegenwärtig, wenn auch nicht in großem Ausmaß, noch statt. In den letzten zwei Jahrzehnten ging im Zuge der Intensivierung der Landwirtschaft der Grünlandanteil an der LF zurück und der verbleibende Rest wurde intensiver bewirtschaftet. Unter Extensivierung der Landwirtschaft, in unserem Falle speziell der Grünlandbewirtschaftung, verstehen wir die bewusste Inkaufnahme eines geringeren Ertrages pro Flächeneinheit. Dies kann sowohl geringerer Massenertrag als auch geringere Qualität bedeuten. Erreicht wird dies durch einen reduzierten Einsatz von Produktionsmitteln, insbesondere Düngemitteln, oder durch einen späteren Nutzungstermin bzw. eine herabgesetzte Nutzungshäufigkeit (REISCH 1990). Verzicht auf Ertrag durch geringere Düngung bedeutet, dass weniger Tiere pro Flächeneinheit gehalten werden können. Spätere Nutzungstermine führen meist zu schlechterer Qualität, d.h. das erzeugte Grundfutter ist nicht mehr für alle Tierarten (z.B. für Milchkühe) geeignet, außerdem werden Konservierungsverfahren problematisch. Extensivierung heißt daher auch, immer den Tierbestand dem veränderten Futterangebot anzupassen (REISCH 1990). Extensive Grünlandbewirtschaftung ist gekennzeichnet durch reduzierten Einsatz von Produktionsmitteln, insbesondere an Düngemitteln je Flächeneinheit. Die Folgen sind Ertragsrückgänge, oft Verminderung der Nutzungshäufigkeit und Futterqualitätseinbußen. Die sich verändernden Qualitätsparameter und Mineralstoffgehalte sind betriebswirtschaftlich besonders bedeutungsvoll, wenn das Erntegut als Futter für leistungsfähige Tierbestände dienen soll (KÄDING & PETRICH 2005). Extensive Weidewirtschaft bedeutet, dass

tierische Produkte ohne Nahrungsergänzung erzeugt werden, allein auf dem natürlichen Ertrag des Grünlandes basierend. Der Schwerpunkt liegt auf der Wirtschaftsmethode („low input“) mit dem Ziel, die Aufwendungen zu verringern, auch dann, wenn das mit einem Rückgang der Erträge verbunden ist. Damit sollen höhere Einkommen und sonstige Ziele, z.B. im Umweltschutz, erreicht werden. Für die extensive Weidewirtschaft kommt im Prinzip jedes Grünland in Frage, aber in der Mehrheit der Fälle werden dafür die Grünflächen minderer Qualität (dünne Humusbodenschicht, Erosionsgefahr, schlechte Wasserbewirtschaftung, geringes Pflanzenwachstum) in zur Dürre oder zur Nässe neigenden Regionen verwendet. Extensive Weidewirtschaft wird in der Praxis nur in Betrieben mit Weidetierhaltung angewendet (GOLZE & STEFLER 2005). Arbeiten, die zu dem Themenkomplex „extensive Bewirtschaftung im Feuchtgrünland“ durchgeführt wurden, lassen sich grob in zwei Gruppen untergliedern. Die erste Gruppe in diesem Bereich umfasst viele Arbeiten aus dem landwirtschaftlichen Sektor, die sich mit den Ertragsveränderungen und Vegetationsumschichtungen bei unterschiedlicher Nutzung und Düngungsintensität beschäftigen. Von den zahlreichen Literaturstellen sollen an dieser Stelle nur einige Ergebnisse beispielhaft angesprochen werden. Diese Untersuchungen sind zum Teil älteren Datums und haben das primäre Ziel, vergleichsweise anthropogen beeinflusste Grünlandbestände aus futterbaulicher Sicht zu verbessern. Dabei spielt vor allem die Erhöhung der Produktivität sowie der Futterqualität die zentrale Rolle. Diese Arbeiten haben demzufolge in vielen Versuchsgliedern eine Grünlandintensivierung zur Folge (MOTT 1962). Die zweite Gruppe bilden Arbeiten, in denen ungelenkte und gelenkte Sukzessionsforschungen im Vordergrund stehen. In diesen Arbeiten wurden bei gelenkter Sukzession in der Regel Minimalpflegearbeiten durchgeführt. Am häufigsten wurden dabei einmaliges Mähen im Jahr, Mulchen, kontrolliertes Flämmen sowie extensive Beweidung genannt. Die intensivste Bewirtschaftungsweise ist häufig zweimalige Mahd pro Jahr (BAKKER 1989). In dieser Form ist die intensive Pflege bereits einer extensiven landwirtschaftlichen Nutzung gleichzusetzen. Die Düngung wird unterschiedlich gehandhabt. Zum Teil werden bei Sukzessionsforschung mineralische Düngemittel verwendet, deren Einsatzmenge aber in der Regel auf dem Niveau der Ersatzdüngung des Ernteentzuges bleibt. Tabelle 1 zeigt einen Vergleich zwischen intensiver und extensiver Weide- und Schnittnutzung.

Tabelle 1: Intensitätsstufen der Grünlandnutzung in Anpassung an landwirtschaftliche Wasserstufen

Intensität	sehr niedrig sehr extensiv I	niedrig extensiv II	Mittel halbintensiv III	hoch intensiv IV	sehr hoch sehr intensiv V
Feuchtezahl nach ELLENBERG: Wasserstufe nach PETERSEN:	1, 2, 8, 9 4+, 5+, 4-, 5-	3, 7 3+, 3-	4, 5, 6 2+, 2-, 1	4, 5, 6 2+, 2-, 1	4, 5, 6 2+, 2-, 1
Bewirtschaftungskriterien 1. Weideverfahren bevorzugt für trockene Flächen	Hütehaltung oder Teilzeitweide	Standweide oder Koppelweide 1 bis 7 Koppeln	Umtriebsweide ≥ 8 Koppeln	Zeitweise Portionierte Umtriebsweide	Portionsweide
2. Wiesennutzung Schnittanzahl bevorzugt für nasse Flächen	1 Schnitt Juli-September in günstigen Jahren	1 Schnitt Juni/Juli jährlich evtl. Nachweide ohne N	2 Schnitte Mai/Juni August/September	3 Schnitte	>3 Schnitte
3.1 Düngung auf Niedermoor	Keine	gelegentliche Grunddüngung P, K	40-100 kg N Grunddüngung nach Entzug	>100-150 kg N Grunddüngung nach Entzug	>150 kg N Grunddüngung nach Entzug
3.2 Düngung auf Mineralböden	Keine	40-50 kg N, evtl. gel. Grunddüngung P, K, Mg gelegentliche Kalkung	>50-150 kg n Grunddüngung Kalkung	>150-300 kg N Grunddüngung Kalkung	>300 kg N Grunddüngung Kalkung
4. Narbenverbesserung	Keine	Pflege (nach spez. Bedarf, z.B. Schleppen, Nachmahd, Walzen)	Einsaats/Nachsaat + pflege	bedarfsweise Neuansaat, besser Nachsaat + Pflege	turnusmäßige Neuansaat, besser Nachsaat + Pflege
5. Wasserregulierung	Keine	flache Graben- Entwässerung gelegentliche Pflege	Graben- oder Dränentwässerung, regelmäßige Pflege	Entwässerung und Anstau	Entwässerung und Einstau oder Beregnung

(nach BOCKHOLT & FUHRMANN 1994)

Erst im 20. Jahrhundert wurde Handelsdünger benutzt. Der Verbrauch von Stickstoff betrug 1930/31 in Schwerin 12 bis 16 kg N ha⁻¹ landwirtschaftlicher Nutzfläche, im Frankfurt 8 bis 12 kg N ha⁻¹ (KNOLD 2005). Der Verbrauch von Kali betrug sowohl in Schwerin als auch im Frankfurt 18 bis 24 K₂O kg ha⁻¹ landwirtschaftlicher Nutzfläche (DEUTSCHER LANDWIRTSCHAFTSATLAS 1934). Nach dem ersten Weltkrieg wurde in der Landwirtschaft die intensive Bewirtschaftung begonnen. Es kam zu einer Verstärkung der mineralischen Volldüngung (SIMON 1960). In der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts erfolgte eine Intensivierung durch Verstärkung der Düngung, Mechanisierung und Bewässerung.

Die Düngung ist anfangs auf niedrigem Niveau erfolgt. In den 1970er Jahren nahmen insbesondere die N-Düngemengen deutlich zu (LITTERSKI 2005), während die Kalkdüngung in den 1960er Jahren verstärkt wurde (Abbildung 2). In der Landwirtschaft hat der Einsatz von mineralischem Stickstoff stark zugenommen, wurden 1950 nur etwa 25 kg N ha⁻¹ Jahr⁻¹ eingesetzt, wurden 1982/83 durchschnittlich 120 N ha⁻¹ Jahr⁻¹ ausgebracht (VAN RÜTH 2003). Das Maximum des Einsatzes von mineralischen Düngemitteln wurde auf den Landwirtschaftsflächen am Ende der 80er Jahre erreicht, seither ist der Einsatz von mineralischen Düngemitteln etwas zurückgegangen. Im Wirtschaftsjahr 1992/93 betrug der durchschnittliche Stickstoffüberschuss 118 kg N ha⁻¹ landwirtschaftlicher Fläche (SCHMIDT 1997).

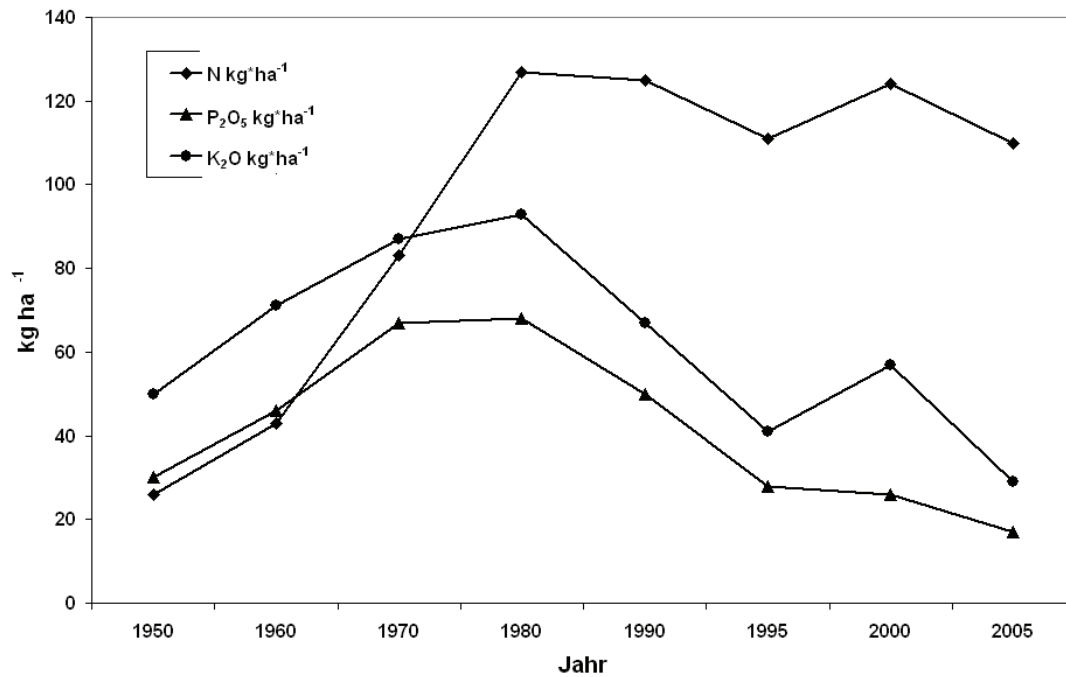


Abbildung 2: Auslieferung von mineralischen Düngemitteln an die Landwirtschaft (Quelle: BMELV (2008))

2.2 Kontrollierte Extensivierung in Nordostdeutschland (Mecklenburg-Vorpommern) in Form der naturschutzgerechten Grünlandnutzung und des ökologischen Landbaus

Seit 1991 wird ein mehrjähriges Förderprogramm zur naturschutzgerechten Grünlandnutzung angeboten. Das Spektrum der geförderten Dauergrünlandstandorte umfasst sowohl Salzgrasland und Feuchtgrünland als auch Trockenrasen und Grünlandrenaturierung (Tabelle 2). Inhalte des Programms sind der Verzicht auf die Ausbringung von Dünger und Pflanzenschutzmitteln auf den Vertragsflächen und eine angepasste Weidenutzung oder Mahd entsprechend den Bodenverhältnissen und unter Berücksichtigung faunistischer und floristischer Gegebenheiten.

Tabelle 2: Naturschutzgerechte Grünlandnutzung in Mecklenburg-Vorpommern

Vertragsmuster	Förderfläche (ha)						Veränd. 2007
	1991	2003	2004	2005	2006	2007	in % zu 2006
Salzgrasland	1329	2253	2316	2425	2524	2573	1,9
Feuchtgrünland / Moorg.	9717	31489	24197	24875	24407	23699	-2,9
Magergrünland	430	3334	3866	3959	3722	3478	-6,6
Nährstoffarmes Grünland	6278	21315	21032	22847	23379	24575	5,1
Gesamt	17.754	58.391	51.411	54.106	54.032	54.325	0,5

Quelle: (MLUV 2000, 2008)

Ökologischer Landbau bedeutet, dass beim Anbau keine chemisch-synthetischen Hilfsmittel (Dünger, Pflanzenschutz) zum Einsatz kommen. Natürliche Lebensprozesse sollen gefördert bzw. gestärkt werden. Die vorgeschriebene Wirtschaftsweise wurde 1991 in der Verordnung (Europäische Wirtschaftsgemeinschaft) Nr.2092 festgehalten (DATENREPORT 2006).

In den letzten Jahren hatte der ökologische Landbau eine zunehmende Bedeutung. In Mecklenburg-Vorpommern produzieren die Ökolandwirte sehr häufig auf ertragsschwachen Standorten (MARTIN 2004). Der ökologische Landbau stellt ein Produktionsverfahren dar, das bei Verzicht auf Höchstserträge sowie Höchstleistungen und Stress bei Nutztieren vordergründig auf die Qualität der Produkte und die Garantie der menschlichen Gesundheit nach Verzehr der Produkte ausgerichtet ist. Für die Einordnung in die Intensitätsstufen der Grünlandbewirtschaftung sollte man wissen, dass die ökologische Grünlandbewirtschaftung im Vergleich zur naturschutzgerechten Grünlandnutzung intensiver und im Vergleich zur konventionellen Grünlandbewirtschaftung bedeutend extensiver erfolgt. Nach der EU-Richtlinie gelten Ver- und Gebote, die von den einzelnen Anbauverbänden noch detailliert untersetzt werden.

Für die ökologische Grünlandbewirtschaftung sind folgende Verbote von besonderer Bedeutung:

- Verbot mineralischer N-Düngung
- Verbot einiger leicht löslicher P- und K-Düngemittel
- Verbot des Einsatzes von Herbiziden
- Verbot bestimmter Siliermittel auf Salz- und Mineralsäurebasis.

Von Bedeutung sind aber in erster Linie die erlaubten Maßnahmen, die im Gegensatz zur naturschutzgerechten Grünlandbewirtschaftung eine halbbintensive

Bewirtschaftung ermöglichen und damit einen für die Futterernte notwendigen Mindestertrag sowie die für die Tierernährung notwendige Mindestqualität des Futters garantieren. Der ökologische Landbau wurde im Jahr 2007 nach den Extensivierungsrichtlinien 2000, 2002, 2005 und 2007 gefördert. Mit Einführung der Extensivierungsrichtlinie 2007 wurden weitere 5.791 ha LF in 77 Betrieben in die ökologische Bewirtschaftung gebunden (Tabelle 3). Im Jahr 2008 bewirtschafteten die 722 ökologisch wirtschaftenden Landwirtschaftsbetriebe mit 122.051 ha 9,0 Prozent der LF in Mecklenburg-Vorpommern (MLUV 2008).

Tabelle 3: Betriebe und landwirtschaftlich genutzte Fläche im ökologischen Landbau (Deutschland)

Landwirtschaftlich genutzte Fläche von -unter....ha	Betriebe				Landwirtschaftlich genutzte Fläche			
	1999	2003	2005	Anteil ¹	1999	2003	2005	Anteil ²
	Anzahl in 1000			%	1000 ha			%
unter 10	2,4	3,3	2,9	2	12,5	18,4	16,1	2,5
10-30	3,3	5	4,9	4,5	62,8	91,9	91,5	4,6
30-50	1,6	2,3	2,2	4,3	63	87,6	86,1	4,3
50-100	1,3	2	2,1	3,9	91,1	142	145,8	3,8
100-200	0,5	0,8	1	4,5	69,8	105,4	129	4,7
200 und mehr	0,3	5,4	0,6	6,4	189,8	285,8	315,4	5,4
Ingesamt	9,6	13,9	13,7	3,5	489,1	731,2	784	4,6
Früheres Bundesgebiet								
unter 10	2,3	3	2,7	1,9	11,8	17,1	14,6	2,4
10-30	3,1	4,6	4,5	4,3	58,3	85,1	84	4,4
30-50	1,5	2,1	2	4	57,7	79,4	77,6	4
50-100	1,2	1,8	1,8	3,5	79,5	125,2	126,4	3,5
100-200	0,3	0,5	0,7	3,7	43,7	70,8	87,6	3,7
200 und mehr	0,1	0,1	0,1	4,4	17,7	36,7	46,7	4,7
Ingesamt	8,4	12,2	11,8	3,2	268,6	414,3	43,7	3,8
Neue Länder								
unter 10	0,1	0,2	0,3	2,6	0,7	1,3	1,6	3,6
10-30	0,2	0,4	0,4	7,4	4,6	6,8	7,6	7,9
30-50	0,1	0,2	0,2	11	5,3	8,3	8,5	11,3
50-100	0,2	0,2	0,3	11	11,6	16,8	19,4	10,9
100-200	0,2	0,2	0,3	10,6	26,2	34,6	41,4	10,7
200 und mehr	0,3	0,4	0,5	7,4	172,1	249,1	268,8	5,6
Zusammen	1,2	1,7	1,9	6,4	220,4	316,9	347,2	6,2

¹ Anteil der Betriebe im ökologischen Landbau an allen Landwirtschaftlichen Betrieben, ² Anteil der LF im ökologischen Landbau an der gesamten LF. (Quelle: DATENREPORT 2006)

2.3 Gegenüberstellung extensiver und intensiver Schnitt- und Weidenutzung auf Grünland (TS-Ertrag, Futterqualität, Pflanzeninventar, botanische Zusammensetzung)

2.3.1 Trockenmasseertrag

Der Ertrag des Grünlandes hängt von den Umweltwirkungen, wie Boden, Witterung, Höhenlage und dem Grasnarbentyp, der Nährstoffversorgung und der Art und Häufigkeit der Nutzung ab (KLAPP 1971; VOIGTLÄNDER 1987; WYSS 2002). Der Zeitpunkt der Nutzung entscheidet über die Höhe der Erträge. Die Auswirkungen von Extensivierungsmaßnahmen auf den Trockenmasseertrag werden von verschiedenen Interessengruppen unterschiedlich bewertet (VERCH 1993; EICH 2000). Die Verringerung und der Verzicht auf Düngung bewirken aus landwirtschaftlicher Sicht einen Verlust an Grundfutter (HOCHBERG et al. 1994; JEANGROS & BERTOLA 1997; DYCKMANS et al. 1999; EICH 2000; ISSELSTEIN & BENKE 2001; BRIEMLE 2006a, 2006b). Gegenüber einer intensiven Bewirtschaftung werden von verschiedenen Autoren bei alleiniger Phosphor/Kalium-Düngung Mindererträge von 20-35% Trockenmasse ermittelt (MÜLLER 1985; RIEDER 1988; KUNTZE 1988; HAND 1991). Ohne jede Düngung nimmt der Ertragsverlust auf 24-50% zu (MÜLLER 1985; OOMES & MOOL 1985; SPATZ 1988; DAHMEN 1989; HAND 1991). Aus vegetationskundlicher Sicht wird ein möglichst schneller Rückgang des Trockenmasseertrages gefordert, um wieder artenreiche Pflanzenbestände mit einer Vielzahl konkurrenzschwacher Pflanzenarten zu etablieren (SCHIEFER 1984; OOMES & MOOL 1985; BAKKER & DE VRIES 1985).

Ein Verzicht auf K-Düngung wirkt sich besonders auf den Niedermoorstandorten, die wenig Kalium in der Bodensubstanz enthalten und ein schwaches Sorptionsvermögen besitzen, gravierend auf Ertragsbildung und Inhaltsstoffe aus (EICH 2000; HACIN et al. 2001; KÄDING 2005). Ertragsdepressionen als Folgen starken K-Mangels wurden bereits von KÄDING (1996) nachgewiesen. Gleichzeitig schwindet die Möglichkeit, überschüssigen Stickstoff aus der Bodensubstanz aufzunehmen und zu verwerten.

Die in der Grünlandextensivierung vorgesehene Verminderung der N-Düngung kann nur im direkten Zusammenhang mit der geringeren Nutzungshäufigkeit gesehen werden. Nach KLAPP (1971) ist die Ausnutzung des Düngerstickstoffs u.a. vom Pflanzenbestand und von der Nutzung abhängig. Nur 2mal im Jahr genutzte Pflanzenbestände sind für hohe N-Gaben ungeeignet. HOLLIDAY & WILMAN (1965) zeigten, dass bereits mäßige N-Düngung in 2- Schnittwiesen zu

Ertragsverlusten führt, weil die Wachstumsarten in den gedüngten Varianten im Gegensatz zu den ungedüngten Varianten zum Ende der langen Aufwuchsphase stark abnehmen bzw. sogar negativ werden können, während im 4-Schnittsystem selbst deutlich höhere N-Mengen keine Ertragsdepressionen zur Folge haben. Zudem nimmt die ertragssteigernde Wirkung der N-Düngung ab, wenn *Trifolium repens* größere Anteile an der botanischen Zusammensetzung des Grünlandbestandes hat. DYCKMANS (1988) ermittelte auf ungedüngtem, klee reichem Grünland und auf gedüngtem, klee armen Grünland gleich hohe Erträge, was auf den hohen Beitrag des Klees zur N-Versorgung des betreffenden Bestandes hinweist.

Bis 1990 wurden die Grünlandflächen in Norddeutschland intensiv bewirtschaftet. Deshalb wurde auf die Weide bis 300 kg N ha^{-1} geliefert und der Ertrag erreichte auf Niedermoorgrünland bis $120 \text{ dt TM ha}^{-1}$. Die folgenden Tabelle 4 und Tabelle 5 erklären die Erträge und die Düngung zur Zeit der Intensivierung.

Die Effektivität der N-Düngung nimmt mit zunehmender Torfmächtigkeit (von links nach rechts) und mit tiefer sinkenden Grundwasserständen (von oben nach unten) ab, folglich nehmen auch die Anteile an unzureichender N-Wirkung diagonal von oben links nach unten rechts zu. So bewirken z.B. 300 kg N ha^{-1} bei Erdfen im Feld A 55 dt Ertragszuwachs, im Feld I aber noch 20 dt N ha^{-1} . Die ökonomisch vertretbare N-Gabe liegt im Feld A für Erdfen bei 300 kg ha^{-1} , im Feld I bei 100 kg ha^{-1} .

Tabelle 4: Grünlanderträge (dt TM ha⁻¹) auf Niedermoor zur Zeit der Intensivierung (nach KREIL et al. 1982)

Grundwasser cm unter Flur	N kg ha ⁻¹	Torfmächtigkeit									
		bis 4 dm			4...8 dm			Über 8 dm			
		Bodentyp			Bodentyp			Bodentyp			
		Ried/Fen	Erdfen	Mulm	Ried/Fen	Erdfen	Mulm	Ried/Fen	Erdfen	Mulm	
40...60	0 100 200 300	45 65 80 90	55 80 98 110	50 67 83 90	60 82 98 107	70 92 110 119	65 79 89 96	72 94 107 115	77 95 111 120	75 90 100 106	
60...80	0 100 200 300	45 62 74 81	50 70 86 95	45 58 67 75	60 77 92 100	68 85 100 108	55 66 73 80	80 95 105 110	85 100 109 117	65 76 82 87	
80...100	0 100 200 300	40 51 60 67	40 55 64 70	37 44 47 50	56 67 75 80	60 72 80 85	43 52 56 60	77 91 98 105	78 89 95 98	50 55 58 61	

Tabelle 5: Grünlanderträge (dt TM ha⁻¹) auf Mineralboden zur Zeit der Intensivierung (nach BAATH 1969, BAUER 1972)

N-Variante (N kg ha ⁻¹)	Mineralbodenweide	Weitendorf		Groß-Lüsewitz		Klenz	
		1963-1967	1963-1967	1963-1967	1964-1967	1966-1967	1966-1967
0		83	44	44	67	44	
160		80	77	77	101	83	
320		101	94	94	118	105	
480		111				116	
640						120	
286		104					
320		111					
320 kg ha ⁻¹ N+ Beregnung		122					
500 kg ha ⁻¹ N+ Beregnung		152					

2.3.2 Futterqualität

Futterqualität ist ein komplexer Begriff, der u.a. anhand der Parameter Rohprotein-, Rohfaser- und Energiegehalt und der Verdaulichkeit der organischen Substanz bewertet werden kann. Die Qualität des Futters wird in erster Linie vom Entwicklungsstadium der Hauptbestandbildner eines Pflanzenbestandes und damit vom Erntezeitpunkt bestimmt. Daneben beeinflussen die Standortbedingungen das Klima und die botanische Zusammensetzung des Erntematerials sowie die Futterqualität (KÜHBAUCH 1987). Generell ist mit fortschreitender Entwicklung und höherem Aufwuchs der Pflanzen ein deutlicher Massenzuwachs feststellbar, während die Futterqualität stetig abnimmt. Die Anteile an verdaulichen Nährstoffen sowie die Energiegehalte sinken, weil mit fortschreitendem Wachstum zunehmend höhere Zellwandanteile in der Pflanzenmasse und festere, weniger gut verdauliche Strukturen entstehen. Die Rohproteingehalte und die Verdaulichkeit der organischen Substanz und der Trockensubstanz stehen in enger Beziehung zum Energiegehalt des Pflanzenmaterials. Zwischen dem Rohfaser- bzw. Zellwandgehalt und der Verdaulichkeit bzw. dem Energiegehalt bestehen eindeutig gegenläufige Beziehungen. Allerdings können zu niedrige Rohfasergehalte ernährungsphysiologische Störungen zur Folge haben, daher werden 18 bis 20% Rohfaser in der Gesamtration des Wiederkäuers gefordert (KAUFMANN 1974; KIRCHGEßNER 1982). In der nachfolgenden Tabelle 6 werden die Nährstoff- und Energiegehalte im Weideaufwuchs entsprechend einer Literaturanalyse dargestellt. Zahlreiche dieser Werte werden mit Schwankungen um einen Mittelwert angegeben. Sämtliche dieser Daten können als Normgrößen für die eigene Untersuchung gelten, wobei Messbedingungen, wie unter der Spalte Weidegras angegeben, zu berücksichtigen sind.

Die Rohfaser- und Rohproteingehalte hängen von Düngung und dem Vegetationsalter ab. TOMASIK & TOMKA (1977) und VOIGTLÄNDER & JACOB (1987) hatten auf Niedermoor einen zunehmenden Rohproteingehalt bei zusätzlicher N-Düngung ermittelt. EICH (2000) konnte auf Sanddeckkultur und DIEPOLDER & JAKOB (2006) konnten auf Mineralboden feststellen, dass die intensiven Varianten (N, P, K) bei Schnitt- und Weidenutzung einen höhern Rohproteingehalt als die extensiven Varianten (ohne Düngung) hatten. Der Rohproteingehalt nimmt im Verlauf der Weidesaison ab (KÄDING et al. 1993; EICH 2000; HAKYEMEZ et al.

2009), während der Rohfasergehalt zunimmt (KIRCHGESSNER 1957a u. 1957b (Wiesengras); KIRCHGESSNER et al. 1960 (einzelne Gräser); KIRCHGESSNER et al. 1967 (Luzerne und Rotklee); KÄDING et al. 1993; HAKYEMEZ et al. 2009).

Tabelle 6: Nährstoff- und Energiegehalt im Weidegras

XF g kg ⁻¹ TS	XP g kg ⁻¹ TS	NEL MJ kg ⁻¹ TS	Weidegras	Quelle
339 ± 44 272 ± 95 269 ± 60	109 ± 37 138 ± 59 192 ± 43	k.A.	Gräser Kräuter Leguminosen	WÖHLBIER & KIRCHGESSNER (1957)
151 94 149 241 139 230	209 340 208 188 303 203	k.A.	Extensiv Weide 1.Aufwuchs, jung 1.Aufwuchs überständig 2.und folgende Aufw. Intensiv Weide 1.Aufwuchs, jung 1.Aufwuchs überständig 2.und folgende Aufw.	DLG (1961)
258 ± 3	183 ± 4	k.A.	k.A.	ANKE et al. (1961)
217	211	k.A.	k.A.	WERNER (1949)
120 – 380 120 - 440	280 – 120 380 - 160	k.A.	Rotklee Luzerne während des fortschreitenden Vegetationsstadiums	KIRCHGESSNER et al. (1967)
202 ± 25	224,5 ± 36	k.A.		MÜLLER et al. (1971)
220 (144-306)	150 (63-266)	k.A.		TERÖRDE (1997)
190 - 350	230 - 60	k.A.	k.A.	MEYER et al. (1993)
238 ± 34	175 ± 37	k.A.	k.A.	KIRCHGESSNER & ROTH (1972)
251	194		Dauergrasland Niederm.	KÄDING et al. (1993)
278 311 295	106 93 112	5,3 4,7 4,8	Weide extensiv 1 Aufwuchs: Ähren-/Rispen schieben Blüte 2. + weitere Aufwüchse	KIRCHGESSNER (1992)
288 312 318 273	118 91 86 80	5,5 4,9 -- 4,0	Grünland Nutzungszeitraum Juni / Juli Mitte / Ende Juli August September	DLG (1997)
	203 ± 41 190 ± 39 216 ± 25 232 ± 26 198 ± 37 192 ± 35 221 ± 36 237 ± 33	6,1 ± 0,5 5,8 ± 0,5 5,8 ± 0,4 5,9 ± 0,5 6,1 ± 0,5 6,1 ± 0,5 6,2 ± 0,4 6,0 ± 0,5	Weidenutzung an: Sanddeckkultur 1.Aufwuchs 2.Aufwuchs 3.Aufwuchs 4.Aufwuchs Schwarzkultur 1.Aufwuchs 2.Aufwuchs 3.Aufwuchs 4.Aufwuchs	EICH (2000)

KÜHBAUCH (1987) hat dagegen einen differenzierten Verlauf aufgezeigt. Er beobachtete ebenfalls ein Abnehmen der Rohproteinwerte im Verlaufe der Weidesaison, aber es wurde nach einem Minimum Ende Juli/Anfang August ein Zunehmen der Rohproteinwerte zum Ende der Saison festgestellt. Eine ähnliche Beobachtung wurde von TERÖRDE (1997) bei ihren Untersuchungen in Mecklenburg gefunden. Es wurde nach Untersuchungen von ANKE et al. (1961) berichtet, dass die Rohfaser-, Rohprotein- und Rohfettgehalte jahreszeitlich konstant sind und damit unabhängig von Umtrieben. Der Rohaschegehalt nimmt dagegen statistisch gesichert vom 1. bis zum 3. Umtrieb zu. Gleiche Beobachtungen machte auch MÜLLER bei vier aufeinander folgenden Schnitten (MÜLLER et al. 1971; SPATZ & BAUMGARTNER 1990).

In Pflanzenbeständen, die reich an Leguminosen und blattreichen Kräutern sind, nimmt mit zunehmendem Aufwuchsalter die Futterqualität langsamer ab. Im Vergleich zu den Gräsern finden in den Blättern dieser Arten geringere Veränderungen der organischen Stoffkomponenten und deren Verdaulichkeit statt, so dass die Futterqualität trotz zunehmendem Alter auf einem hohen Niveau bleibt (KÜHBAUCH 1987). Eine Qualitätsverschlechterung des Futters bedingt über die geringe Verdaulichkeit bzw. Energiedichte hinaus eine verminderte Futteraufnahme des Wiederkäuers, womit die tierische Leistung in zweierlei Hinsicht negativ beeinflusst wird (HODGSON 1977; VOIGTLÄNDER & KÜHBAUCH 1978).

Die Energiedichte bzw. die Verdaulichkeit des Weideaufwuchses ist ein Maß für die Leistungsfähigkeit eines Bestandes (OPITZ V. BOBERFELD 1994). Ab Mai sinken die Energiedichten in der Vegetationsperiode (SCHUBIGER & LEHMANN 1995) aufgrund von fortschreitendem Wachstum und zunehmender Einlagerung von Gerüstsubstanzen mit weniger gut verdaulichen Strukturen (LINDGREN & LINDBERG 1988; DAHMEN 1989; HAND 1991; OPITZ V. BOBERFELD 1996). Die Folgeaufwüchse haben höhere Energiedichten, wenn die Nutzung des Primäraufwuchses spät erfolgt (LINDGREN & LINDBERG (1988).

Unter den Bedingungen einer Grünlandextensivierung beeinflusst die geringere Nutzungshäufigkeit die Futterqualität wesentlich stärker als die verminderte N-Düngung (THOMET et al. 1989). Eine geringere Nutzungshäufigkeit und damit verbundene längere Wachstumszeiten der Aufwüchse senken Rohproteingehalt

und Verdaulichkeit des Futters (ZÜRN 1968; KLAPP 1971; THOMET & SCHMIDT 1987), während Trockensubstanz- und Rohfasergehalte ansteigen (NEUBAUER 1978; KÄDING & KREIL 1987; VOIGTLÄNDER & JACOB 1987). Gleiche Beobachtungen konnten auch von MOTT (1979) in der Weidewirtschaft mit geringeren Umtriebszahlen, entsprechend einer abnehmenden Nutzungshäufigkeit, gemacht werden.

Durch N-Düngung kann es zu einer Erhöhung des Rohproteingehaltes im Futter kommen, falls sie nicht zu einer Verdrängung der Leguminosen, insbesondere von *Trifolium repens*, im Wirtschaftsgrünland führt (KLAPP 1971). Die Untersuchungen von DYCKMANS (1989) zeigten, dass der Rohproteingehalt des Futters durch höhere N-Düngung mit geringeren Ertragsanteilen von *Trifolium repens* gesenkt wird, und der Rohproteingehalt der Gräser abnimmt. Von einer höheren N-Düngung auf Standorten mit höheren Ertragsanteilen von Leguminosen wird abgeraten, weil der N-Bedarf des Pflanzenbestandes über die N_2 -Fixierung der Leguminosen gedeckt werden kann, wobei der Leguminosenstickstoff im Vergleich zum Düngerstickstoff eine nachhaltigere Wirkung zeigt (LEHMANN & MEISTER 1982). Die höhere N-Düngermenge erhöht in Kombination mit seltener Nutzung die Ertraganteile der Obergräser und Hochstauden, die eine schlechtere Futterqualität bedingen (STÄHLIN 1969; NEUBAUER 1978).

In der früher üblichen 2-Schnittwiese rieten MOTT (1962) und ZÜRN (1968) selbst von einer mäßigen N-Düngung völlig ab, weil dies im direkten Vergleich zu ungedüngtem Grünland infolge einer Verminderung des Leguminosenanteils langfristig zu geringerer Verdaulichkeit und zu einem weiteren Eiweiß-Stärkeverhältnis führt. Auch in Untersuchungen von THOMET & SCHMIDT (1987) wird dies in Übereinstimmung mit der älteren Literatur bestätigt.

Die Elemente N, P, und K werden in Ionenform von der Pflanze über die Wurzeln aufgenommen, elementspezifisch in die Zellstruktur bzw. den Stoffwechsel integriert (MENGEL 1991; LARCHER 2001) und stehen dann dem Tier als wertgebender Futterinhaltsstoff zur Verfügung. Die Mineralstoff-Konzentrationen in Weideaufwüchsen sind dabei abhängig vom Standort der Pflanze, von den Witterungsverhältnissen, der Nährstoffverfügbarkeit, dem Wachstumsstadium zum Erntezeitpunkt und der botanischen Zusammensetzung des Bestandes (OPITZ

V. BOBERFELD 1994). Kräuter- und leguminosenreiche Bestände weisen generell höhere Mineralstoff-Konzentrationen als grasreiche Bestände auf, was insbesondere für die Elemente Ca und Mg zutrifft (ZÜRN 1951; WÖHLBIER & KIRCHGESSNER 1957; MENGEL 1991; ISSELSTEIN 1994; BOCKHOLT 2005). Zwischen einzelnen Arten besteht eine große Variabilität bezogen auf das Aufnahmevermögen einzelner Nährstoffe (FLEMING & MURPHY 1968; STÄHLIN & TIRTAPRADJA 1974; MENGEL 1991; ISSELSTEIN 1994; OPITZ V. BOBERFELD & BISKUPEK 1995). Der Düngungstermin und das N-Angebot beeinflussen die Mineralstoffkonzentration (OPITZ V. BOBERFELD 1994; WHITEHEAD 2000). Insbesondere bei erhöhten N-Mengen und einer Vorverlegung der Nutzung kann dies zu höheren Konzentrationen an K, Na, Mg und Ca in den Pflanzen führen (OPITZ V. BOBERFELD 1994), gleichzeitig sinken die P-Gehalte der Gräser ab (RINNE 1976; COLLINS & BALASKO 1981; OPITZ V. BOBERFELD & BISKUPEK 1995). Die Mineralstoffkonzentration in Weideaufwüchsen verändert sich unter der Bedingung der Extensivierung zum Nachteil für das Weidetier (HEMINGWAY 1961; HOPKINS et al. 1994). Nach langer Wachstumszeit zeigten Untersuchungen verschiedener Gräser/Kräuter-Mischungen ein niedriges Niveau der Mineralstoffkonzentrationen, was bei der Extensivierung zu Problemen führen kann (OPITZ V. BOBERFELD & LASER 1999; WHITEHEAD 2000).

Der **P-Gehalt** in Weideaufwüchsen wird in der Literatur mit 3 bis 5 g kg⁻¹ angegeben, sodass der Tierbedarf, der bei 4 bis 5 g kg⁻¹ liegt, nicht immer abgedeckt werden kann (OPITZ V. BOBERFELD 1994; TIMLING et al. 1997) (s. Tabelle 7). HERTWIG & SCHUPPENIES (2003) berichteten von einem Versuch auf Niedermoor, in dem P-Gehalt mit der Anzahl von Aufwüchsen zunahm, während der K-Gehalt rückläufig war.

Die **K-Gehalte** von Weideaufwüchsen liegen nach OPITZ V. BOBERFELD (1994) im Mittel zwischen 20 und 60 g kg⁻¹ TS – bei extensiver Weidenutzung im Mittel bei 18 g kg⁻¹ TS, bei intensiver Weidenutzung im Mittel bei 32 g kg⁻¹ TS (ANONYM 1973). Eine Beobachtung von ZÜRN (1951) und KLAPP (1971) hat ergeben, dass der K-Gehalt der Pflanzen von K-Düngung und Bodenvorrat abhängt. Der Tierbedarf liegt bei 10 g kg⁻¹ TS (MENKE 1987; OPITZ V. BOBERFELD 1994). Die Aufwüchse weisen auf intensiven Grünlandflächen aus Sicht der Tierernährung häufig einen K-Überschuss auf (PHILLIPS 2001) (s. Tabelle 8).

Tabelle 7: P-Gehalte im Weidegras

P (g kg ⁻¹ TS)	Weideart	Autor	Jahr
2,9 ± 0,8 4,3 ± 1,4 3,0 ± 0,5	Gräser Kräuter Leguminosen	WÖHLBIER & KIRCHGESSNER	1957
3,4		DLG	1960
3,6	Weidegras, Verwitterungsboden d. ob. Muschelkalkes, Düngung	ANKE et al.	1961
3,7	Mischproben von Weiden auf Moor, Sand, Flußmarsch und Seemarsch, Mai - September	COMBERG & MEYER	1963
2,9 4,2	Rotklee Luzerne Tertiäres Hügelland (Freising), Ende April - Ende Juli	KIRCHGESSNER et al.	1967
5,1 ± 0,8	Ackerbraunerde auf Lehmlößdecke mit Düngung, Ende April - Ende Juli	MÜLLER et al.	1971
4,5 ± 0,1 5,1 ± 0,6	1. Schnitt 2. Schnitt, Löwenzahn Ende April - Mitte September	MÜLLER & KIRCHGESSNER	1972
4,3 ± 0,7	Mischproben von anmoorigen, lehmigen und sandigen Weiden, Weidegras aus Weidelgras, Weißklee, Wiesenrispengras, Rotschwingel	MÜLLER-REH	1972
4,0 ± 0,5	Weidelgras-Weißkleeweide, Mai - Oktober	ROTH & KIRCHGESSNER	1972
3,8 - 4,0 2,7 - 3,9	Weidegras Wiesengras	KIRCHGESSNER	1992
4,2	Niedermoor	KÄDING et al.	1993
4,4 4,1 3 4,2	Luzerne Ackerrotklee Wiesenrotklee Wiesenschwingel Ende April - Mitte Juni	ANKE et al.	1994
4,2 ± 0,7 4,9 ± 0,4	Mai - Juni August - September	FINKLER-SCHADE	1997
7,1 ± 2,2	Vorpommersche Boddenlandschaft (Salzwiesengebiet + Moorniederungen) letzte Düngung 1989, Mai - November	TERÖRDE	1997
3,6 ± 1,1 3,5 ± 1,1 3,7 ± 0,7 3,6 ± 0,7 3,8 ± 1,0 3,7 ± 0,9 4,1 ± 0,9 3,7 ± 0,5	Weidenutzung an: Sanddeckkultur 1.Aufwuchs 2.Aufwuchs 3.Aufwuchs 4.Aufwuchs Schwarzkultur 1.Aufwuchs 2.Aufwuchs 3.Aufwuchs 4.Aufwuchs	EICH	2000

Tabelle 8: K-Gehalt im Weidegras

K (g kg ⁻¹ TS)	Weideart	Autor	Jahr
21 ± 6	Gräser	WÖHLBIER & KIRCHGESSNER	1957
31 ± 13	Kräuter		
22 ± 9	Leguminosen		
27		DLG	1960
33	Weidegras, Verwitterungsboden d. ob. Muschelkalkes, Düngung	ANKE et al.	1961
28	Mischproben von Weiden auf Moor, Sand, Flussmarsch und Seemarsch, Mai - September	COMBERG & MEYER	1963
30 28	Rotklee Luzerne Tertiäres Hügelland (Freising), Ende April - Ende Juli	KIRCHGESSNER et al.	1967
38 ± 3	Ackerbraunerde auf Lehmlößdecke mit Düngung, Ende April - Ende Juli	MÜLLER et al.	1971
55 ± 7 63 ± 2	Schnitt Schnitt, Löwenzahn Ende April - Mitte September	MÜLLER & KIRCHGESSNER	1972
37 ± 9	Mischproben von anmoorigen, lehmigen und sandigen Weiden, Weidegras aus Weidelgras, Weißklee, Wiesenrispengras, Rotschwingel	MÜLLER-REH	1972
38 ± 5	Weidelgras-Weißkleeweide, Mai - Oktober	ROTH & KIRCHGESSNER	1972
18 32	auf extensiven Weiden auf intensiven Weiden	DLG	1973
27	Niedermoor	KÄDING et al.	1993
44 51 36 46	Luzerne Ackerrotklee Wiesenrotklee Wiesenschwingel Ende April – Mitte Juni	ANKE et al.	1994
30 ± 6 33 ± 5	Mai - Juni August - September	FINKLER-SCHADE	1997
25 ± 7	Vorpommersche Boddenlandschaft (Salzwiesengebiet + Moorniederungen)	TERÖRDE	1997
27 ± 6 28 ± 5 28 ± 7 25 ± 6 21 ± 6 22 ± 6 18 ± 6 17 ± 5	Weidenutzung an: Sanddeckkultur 1.Aufwuchs 2.Aufwuchs 3.Aufwuchs 4.Aufwuchs Schwarzkultur 1.Aufwuchs 2.Aufwuchs 3.Aufwuchs 4.Aufwuchs	EICH	2000

2.3.3 Botanische Zusammensetzung

Eine hohe Biodiversität spielt eine wichtige Rolle für die Stabilität und Produktivität von Grünland-Ökosystemen (TRACY & SANDERSON 2004). Bereits im vorigen Jahrhundert konnten STEBLER & SCHRÖTER (1982) feststellen, dass die Art der Bewirtschaftung für die botanische Zusammensetzung des Grünlandes mitverantwortlich ist. Als wichtigste Bewirtschaftungsmaßnahmen sind Nutzung und Düngung zu nennen (COP et al. 2009). In Abhängigkeit von der Häufigkeit der Nutzung, die von den einzelnen Pflanzenarten toleriert werden, reagieren die Arten unterschiedlich auf eine bestimmte Schnitt- oder Beweidungshäufigkeit (VOIGTLÄNDER & JACOB 1987; MILCHUNAS & LAUENROTH 1993; COLLINS et al. 1998; GRIME 2001). Für die Nutzungsempfindlichkeit der einzelnen Pflanzenarten sind Unterschiede in der Wuchsform, im Entwicklungsrhythmus, im artspezifischen Verlauf der Reservestoffspeicherung und der damit verbundenen Fähigkeit zum Wiederaustrieb nach einer Nutzung verantwortlich, aber auch die nach einer Nutzung verbleibende Restassimilationsfläche (BOMMER 1964; KLAPP 1971). NEUBAUER (1976) zeigte in seinen Untersuchungen, wie einzelne Arten des Grünlandes auf differenzierte Nutzung und N-Düngung reagieren (Tabelle 9).

Tabelle 9: Einfluss erhöhter Schnitzzahlen und gesteigerter N-Düngung auf die Massenanteile wichtiger Arten im Dauergrünland

Art	Erhöhte Schnitzzahl	N- Steigerung
Gräser:		
<i>Lolium perenne</i>	+	+
<i>Poa pratensis</i>	+	+
<i>Dactylis glomerata</i>	+	+
<i>Arrhenatherum</i>	-	+
Leguminosen / Kräuter:		
<i>Trifolium repens</i>	+	-
<i>Ranunculus repens</i>	0	-
<i>Taraxacum officinale</i>	+	-

(+) = gefördert, (-) = zurückgedrängt, (0) = wenig beeinflusst (nach NEUBAUER 1976; KIRKHAM & TALLOWIN 1995)

Durch häufigere Nutzung wird der Anteil der Gräser an der Gesamtmasse des Grünlandaufwuchses erhöht (RIEDER 1983; SCIMONE et al. 2007; Cop et al. 2009). WINKLER & NÖSBERGER (1985) konnten die Bedeutung eines hohen Strahlungsangebotes im Lebensraum von *Trifolium repens* für Wachstum und Entwicklung dieser Art aufzeigen. Der Einfluss von Nutzungshäufigkeit und

Düngung auf den Grünlandbestand kann nicht getrennt voneinander bewertet werden. Zwischen beiden Faktoren sowie mit Standort und Witterung bestehen Wechselwirkungen. OPITZ V. BOBERFELD (1983) konnte zeigen, dass *Lolium perenne* mit 8-maliger Nutzung die höchsten Ertragsanteile erreichte.

Durch intensive N-Düngung werden Gräser gefördert und Leguminosen zurückgedrängt (COP et al. 2009). Eine eindeutig negative Beziehung besteht zwischen der N-Düngung und den Ertragsanteilen von *Trifolium repens*, so dass mit verstärkter N-Düngung die Ertragsanteile von *Trifolium repens* in Verbindung mit hoher Nutzungsfrequenz abnehmen (COWLING 1966; VOIGTLÄNDER & MÄDEL 1981; THOMET & NÖSBERGER 1982; DYCKMANS 1988). *Elytrigia repens* erreicht zunehmende Ertragsanteile bei einem gesteigerten N-Angebot (WETZEL 1966; ADOLF & BISCHOFF 1987).

Häufig beschrieben sind die Veränderungen der botanischen Zusammensetzung der Grasnarbe durch Düngung. KUTSCHERA & SOBOTIK (1981) wiesen bei Gülledüngung zunehmende Ertragsanteile der Kräuter und abnehmende Ertragsanteile der Gräser nach. Aber GEHRING (1986) findet aufgrund verschiedenartiger Düngung keine signifikanten Unterschiede in der botanischen Zusammensetzung. Bei einer Rücknahme der Nutzungs- und Düngungsintensität gehen die wertvollen Arten zurück (DAHMEN 1989; HAND 1991), dagegen gewinnen einerseits die in der englischsprachigen Literatur bezeichneten „secondary grasses“ (FRAME 1991; PEETERS 1992) und andererseits vor allem Grünlandkräuter ertragsmäßig an Bedeutung (OPITZ V. BOBERFELD 1994).

Unter den armen Standortbedingungen sind die Grünlandflächen extensive Futterquellen (GIEBELHAUSEN et al. 2002). Die Effekte der Beweidung auf die floristische Diversität werden in der Literatur sehr unterschiedlich angegeben. Einige Autoren berichteten von Zunahmen der Diversität durch Beweidung, während andere Abnahmen feststellten (WEBER et al. 1998; HOFMANN et al. 2001; BARTHRAM et al. 2002; MARRIOTT et al. 2002), wobei die Bewirtschaftungsintensität entscheidend für das Ergebnis ist. WATT et al. (1996) und SCIMONE et al. (2007) beschrieben die Veränderung der Artenzusammensetzung einer *Lolium perenne*-dominierten Narbe bei unterschiedlichen Beweidungsterminen. Er untersucht in einem mehrfaktoriellen Feldversuch in England die Wirkung der Schafbeweidung im Frühjahr, Sommer und Winter.

3 Material und Methoden

3.1 Material

3.1.1 Standort

Die Freilandversuche wurden an zwei Standorten in Rostock angelegt.

3.1.1.1 Petschow bei Rostock (Niedermoorgrünland)

Der Grünland- Standort ist typisch für das Klimagebiet ``Ostseeküste`` in Mecklenburg-Vorpommern.

- Niederschlag: langjährig 620 mm
- Höhenlage: 26 m über NN
- Jahresdurchschnittstemperatur: 7,9 C°
- Grundwasserflurabstand: A – Wiederholung: (0 – 60 cm unter Flur)
B – Wiederholung: (10 – 60 cm unter Flur)
C – Wiederholung: (40 – 120 cm unter Flur)

Die Grundwasserflurabstände wurden im Abstand von 14 Tagen gemessen.

- Wasserstufe: A- Wiederholung: 3+, F: 6,8
B- liegt zwischen A und C
C- Wiederholung 2+/- bis 2+, F: 5,9
- Bodentyp: Niedermoor, Grenzfall zwischen mittel- und tiefgründig
- Substrattyp: mittel – tiefgründiger (60 bis 100 cm) Schilf – Seggentorf
- Der Anteil der organischen Substanz beträgt > 30%

Die Versuchfläche wird von der Landwirtschafts- GmbH Petschow mit Sitz in Lieblingshof zur Verfügung gestellt. Mit diesem Betrieb erfolgt auch eine Absprache zur Weidewirtschaft für die Weideparzellen, die sich aber vorrangig nach betriebswirtschaftlichen Zwängen richten muss. Es handelt sich um eine absolute Grünlandfläche, die nach den Standortbedingungen des besseren Anteiles (landwirtschaftliche Wasserstufe: gut [2+] bis befriedigend [3+]) für alle möglichen Nutzungsstrategien (naturschutzgerechte Bewirtschaftung, ökologischer Landbau und konventionelle Bewirtschaftung) geeignet ist. Der Ausgangspflanzenbestand ist durch Dominanz von Gemeiner Quecke (*Elytrigia repens*), Gemeiner Rispe (*Poa trivialis*) und Knickfuchsschwanz (*Alopecurus geniculatus*) gekennzeichnet. Es handelt sich um typische bodenständige Arten

der Wasserstufen bis 3+ genutzter Niedermoore. Seit 2001 sind Anteile von Weidelgräsern aus einer Übersaat enthalten.

3.1.1.2 Versuchsstation Universität Rostock (Mineralbodengrünland)

- Die Versuchsfläche liegt in einem Gebiet mit grundwasserfernem lehmigem Sandboden.
- Niederschlag: langjährig 590 mm
- Höhenlage: 45 m über NN
- Jahresdurchschnittstemperatur: 7,9 C°
- Wasserstufe: 1 bis 2 ± , F: 5,6
- Bodentyp: BB (Braunerde)
- Substrattyp: BBn (Normbraunerde) Ah / Bv / C

Der Stover Acker gehört zum Versuchsgelände der Universität Rostock und liegt im Südwesten der Stadt. Seit dem Jahr 2000 wird ein Grünlandversuch auf ackerfähigem Mineralbodengrünland durchgeführt.

3.1.2 Witterung

Der Verlauf der Witterung während der Versuchsjahre 1999 bis 2006 auf den beschriebenen Versuchsstandorten wird mit Hilfe von Daten charakterisiert, welche die Wetterstation in Groß-Lüsewitz erfasste. Aufgeführt sind die Monatsmitteltemperaturen, die Monatsniederschlagssummen für die einzelnen Versuchsjahre und das langjährige Mittel vgl. Abbildung 3. Auffallend war die Witterung der Versuchsjahre 2003 und 2006. Das Jahr 2003 war durch deutlich geringere Jahresniederschläge charakterisiert. Im Jahr 2006 wurden überdurchschnittlich hohe Jahrestemperaturen gemessen.

Die monatliche Klimawasserbilanz (KWB) wurde nach der folgenden Formel berechnet:

$$\text{KWB (mm)} = \text{Niederschlag (mm)} - \text{Verdunstung (mm)}$$

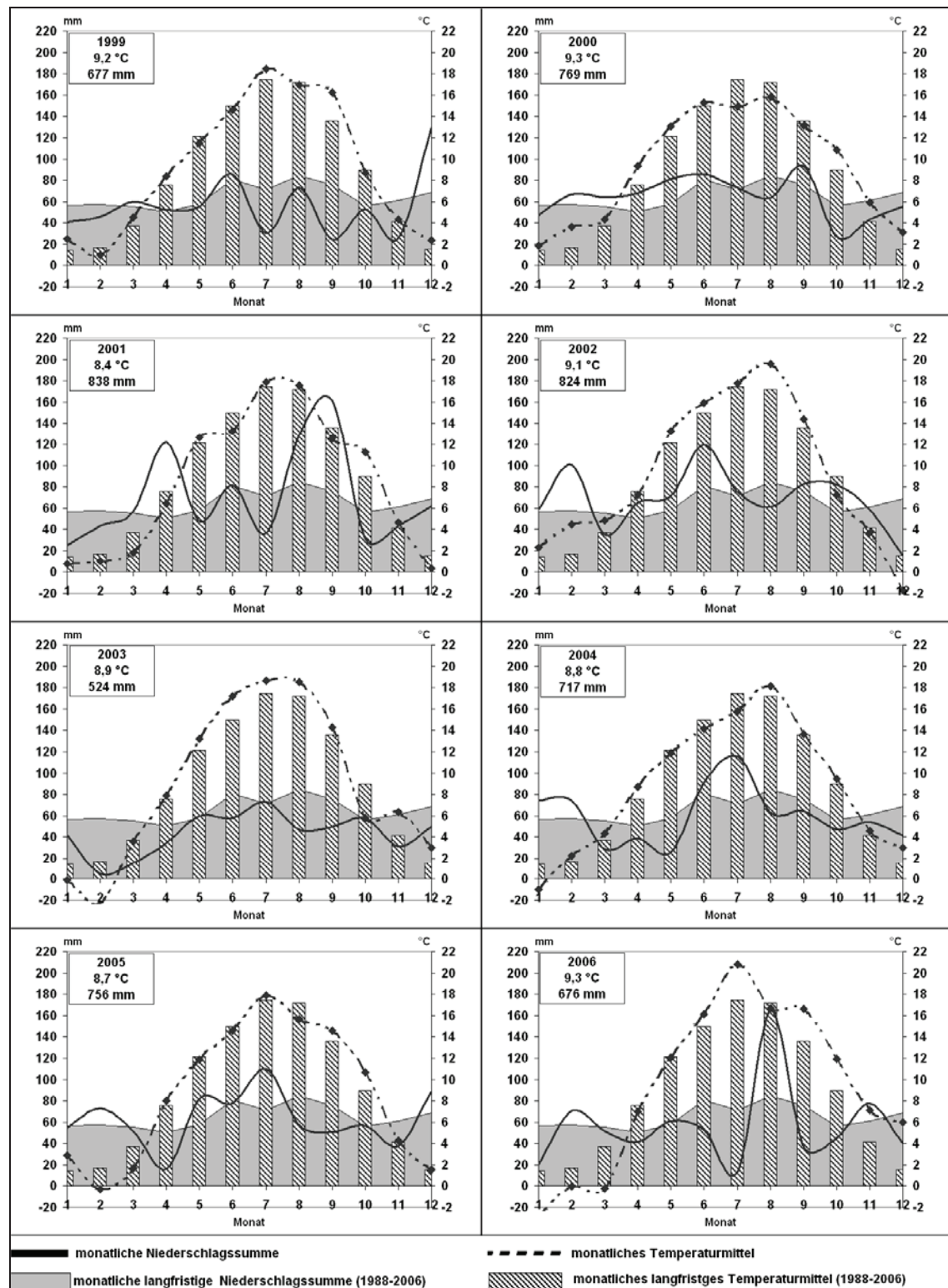


Abbildung 3: Jahrgangslinien von Temperaturmittel und Niederschlagssumme (Vergleich der Jahre mit dem langjährigem Mittel (8.7 °C; 776 mm), Wetterstation von Groß-Lüsewitz)

3.1.3 Varianten und Versuchsanlage

3.1.3.1 Standort Petschow bei Rostock (Niedermoorgrünland)

Es handelt sich um eine 2 – faktorielle Versuchsanlage mit den Faktoren

- A: Nutzung (Schnitt, Weide)
- B: Düngung (12 Stufen) in 3 – facher Wiederholung

Die Parzellengröße beträgt 30 m² (Abbildung 4). Die Düngungsvarianten sind so gewählt, dass die Hauptnährstoffe N, P und K jeweils einzeln und in Kombinationen vertreten sind. Neben konventionellen Varianten sind in Anpassung an zeitgemäße Bewirtschaftungsmöglichkeiten auch Varianten des ökologischen Landbaus (Mg-Kainit, Patent-PK) und eine 0- Düngungsvariante berücksichtigt, welche die naturschutzgerechte Grünlandbewirtschaftung präsentiert (Tabelle 10). Die Beweidung wurde von der Agrar- GmbH Petschow mit weiblichen Junggrindern in 3 bis 4 Umtrieben je Sommerhalbjahr ohne zusätzliches Futter durchgeführt.

Tabelle 10: Versuchsaufbau mit Faktoren- und Stufencharakteristik auf Niedermoorgrünland

Faktor 1	Nährstoffe (kg ha⁻¹)	Faktor 2
Düngung	*)	Nutzung
D1=ohne Düngung	(n)	3malige Schnittnutzung
D2=N (KAS)	(k) 150 N	
D3=P (TSP)	(k) 30 P	
D4=K (KCl: 60er Kali)	(k) 150 K	3-4malige Weidenutzung
D5=K (Mg-Kainit)	(ö) 150 K, 333 Na, 50 Mg, 65 S	
D6=NK (KAS, KCl: 60er Kali)	(k) 150 N, 150 K	
D7=PK (TSP, KCl: 60er Kali)	(k) 30 P, 150 K	
D8=PK (Patent-PK)	(ö) 60 P, 150 K, 35 Mg, 104 S	
D9=PK (Thomaskali)	(k) 26 P, 150 K, 35 Mg, 33 S	
D10=NP (KAS, TSP)	(k) 150 N, 30 P	
D11=NPK (KAS, TSP, KCl: 60er Kali)	(k) 150 N, 30 P, 150 K	
D12=NPK (AS, TSP, KCl: 60er Kali)	(k) 150 N, 30 P, 150 K, 171 S	

*) Art der Bewirtschaftung (n)= naturschutzgerecht, (k)= konventionell, (ö)= ökol. Landbau, KAS= Kalkammonsalpeter, TSP= Tripelsuperphosphat, AS= Ammonsulfat

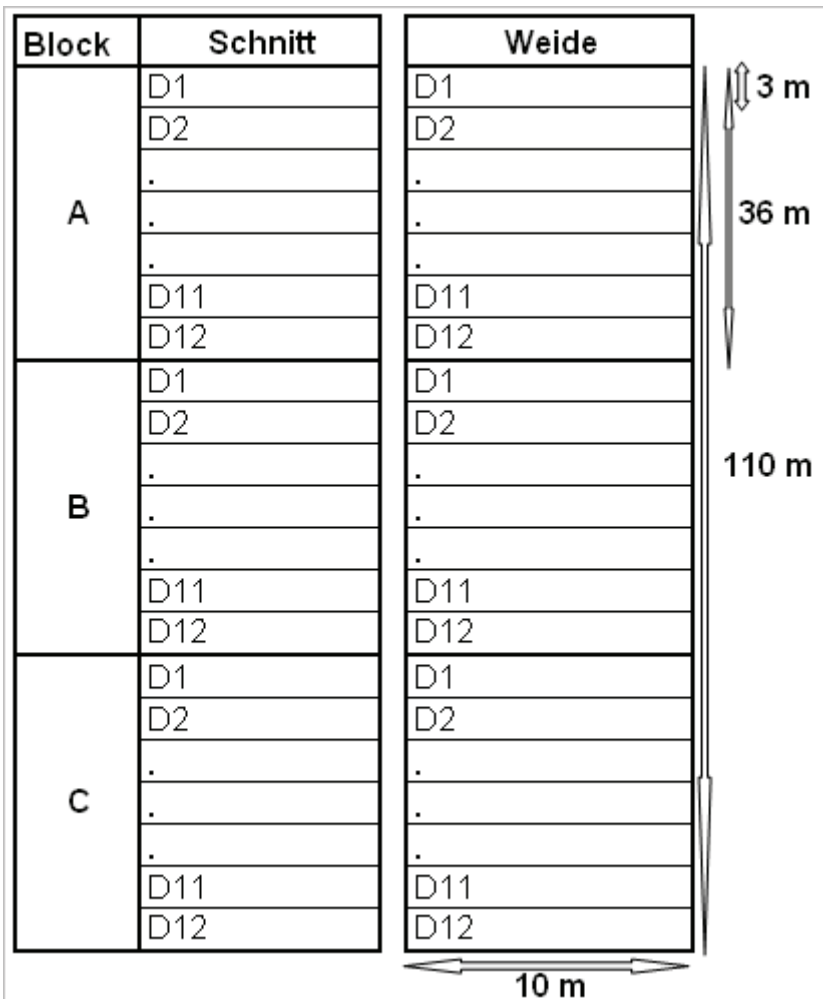


Abbildung 4: Skizze Lageplan bei Petschow in Rostock auf Niedermoor

3.1.3.2 Standort Versuchsstation Universität Rostock (Mineralboden-grünland)

Es handelt sich um eine 2 – faktorielle Versuchsanlage mit den Faktoren

- A: Nutzung (Schnitt, Weide)
- B: Düngung (10 Stufen) in 4-facher Wiederholung

Nach dem Trockenjahr 2003 wurde im Jahr 2004 Neuansaat (Klee-grasgemisch) auf den Schnittparzellen durchgeführt.

- Die Parzellengröße beträgt 6 m² (Abbildung 5).

Die Faktoren mit den zugehörigen Stufen sind in Tabelle 11 dargestellt. Seit dem Jahr 2000 wird ein Grünlandversuch auf ackerfähigem Mineralboden-grünland durchgeführt. In dem Versuch wurden die Faktoren Düngung und Nutzung einbezogen. Entsprechend den Richtlinien des Ökologischen Landbaus sind im

Versuch in diesem Rahmen zugelassene Düngemittel wie Magnesia-Kainit und Patent-PK getestet worden. Die Beweidung wurde mit Schafen in 3 bis 4 Umtrieben je Sommerhalbjahr ohne zusätzliches Futter durchgeführt.

Tabelle 11: Versuchsaufbau mit Faktoren- und Stufencharakteristik auf Mineralbodengrünland

Faktor 1		Faktor 2
Düngung	Nährstoffe (kg ha ⁻¹)	Nutzung
D1=Ohne Düngung		(2001-2006) 3-malige
D2=P (TSP)	30 P	(2001-2003) Schnittnutzung
D2=Gülle	60 N, 18 P, 78 K in 2005 84 N, 53 P, 73 K in 2006	(2005-2006) 3-4-malige
D3=K (KCl: 60er Kali)	150 K	(2001-2006) Weidenutzung
D4=K (Mg-Kainit)	150 K, 333 Na, 50 Mg	(2001-2006)
D5=NK (KAS, KCl: 60er Kali)	150 N, 150 K	(2001-2006)
D6=PK (Patent-PK)	60 P, 150 K, 35 Mg, 104 S	(2001-2006)
D7=PK (Thomaskali)	26 P, 150 K, 35 Mg, 33 S	(2001-2006)
D8=NP (KAS, TSP)	150 N, 30 P	(2001-2006)
D9=NPK (KAS, TSP, KCl: 60er Kali)	150 N, 30 P, 150 K	(2001-2006)
D10=NPK (AS, TSP, KCl: 60er Kali)	150 N, 30 P, 150 K, 171 S	(2001-2003)
D10=Stallmist	134 N, 40 P, 188 K	(2005-2006)

KAS= Kalkammonsalpeter, TSP= Tripelsuperphosphat, AS= Ammonsulfat

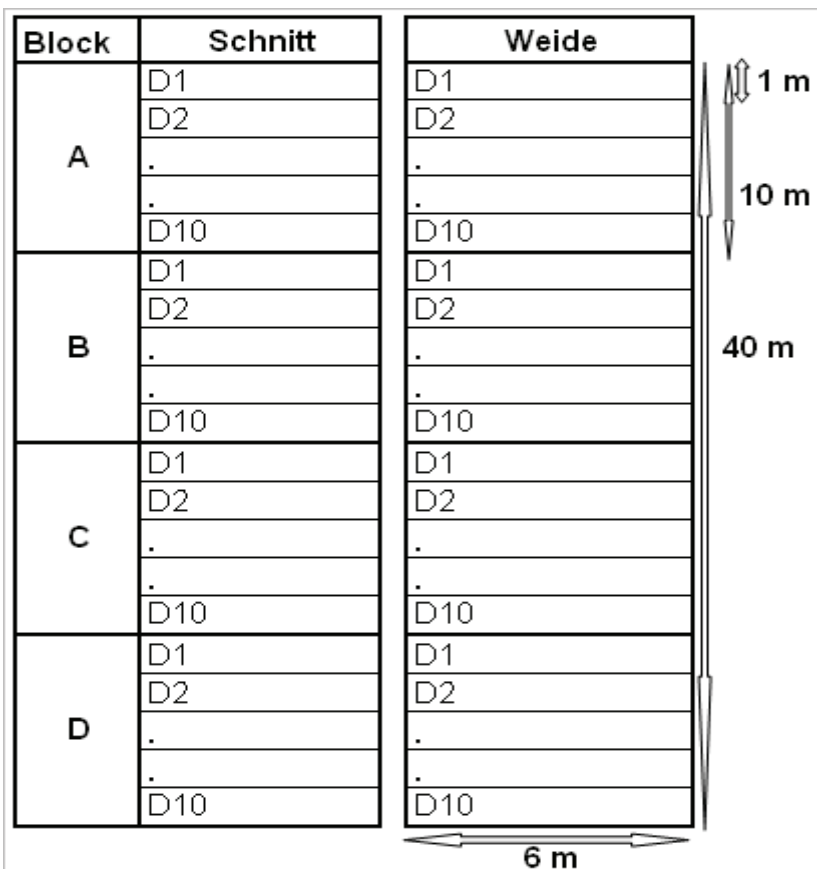


Abbildung 5: Skizze Lageplan bei Versuchsstation Universität Rostock auf Mineralbodengrünland

3.1.4 Futterwirtschaftliche, botanische und bodenkundliche Prüfmerkmale

Die in Tabelle 12 genannten Prüfmerkmale waren auf die jährliche Bestimmung des Ertrages und der Futterqualität ausgerichtet. Die Bestimmung der Bodenparameter wurde als begleitende Untersuchung und nicht jährlich durchgeführt.

Tabelle 12: Prüfmerkmale

Ertrag	Botanische Zusammensetzung	Futterqualität	ausgewählte Bodenparameter
<ul style="list-style-type: none"> • GM und TM je Aufwuchs • GM und TM je Erntejahr (in dt ha⁻¹) 	<ul style="list-style-type: none"> • Deckungsgrad der Pflanzenarten 	<ul style="list-style-type: none"> • Trockensubstanz • Rohasche • Rohprotein • Verdaulichkeit (ELOS) • Rohfaser • Energiegehalte • N, P, K 	Tief: 0-30 cm <ul style="list-style-type: none"> • pH-Wert • P₂O₅ • K₂O • Mg

3.2 Methoden

3.2.1 Bodenprofilbeschreibung

Im Jahr 2006 wurde auf den Versuchsflächen je ein Bodenprofil aufgenommen. Die Bezeichnung der Horizonte und des Bodentyps erfolgte nach REUTER (1976) und ECKELMANN et al. (2005).

3.2.2 Bodennährstoffgehalte

Die Bestimmung der Gehalte an P₂O₅, K₂O und Mg (Doppellaktat-Methode) sowie des pH-Wertes (CaCL₂-Methode) erfolgte in den jeweiligen Tiefen (0-30 cm) in Form von Mischproben (VDLUFA 1991).

3.2.3 Ertragsermittlung und Probenaufbereitung

Die Bewertung des Pflanzenbestandes erfolgte nach Futterwertzahl und ökologischen Kennzahlen (Futterwertzahl nach KLAPP et al. 1953, ökologische Kennzahlen nach ELLENBERG 1991).

Ertragsermittlung

Der Trockenmasseertrag der Weideparzellen wurde über die Wuchshöhen und eine repräsentative Futterprobe ermittelt, während bei Schnittnutzung die gesamte Parzelle auf Niedermoorgrünland bzw. eine bestimmte Fläche (1 Quadratmeter) jeder Parzelle auf Mineralbodengrünland geerntet wurde (Tabelle 13). Das geerntete Pflanzenmaterial von jeder Parzelle wurde gewogen, homogenisiert und ein aliquoter Teil, der bei 60°C im Trockenschrank bis zur Massenkonzanz getrocknet und anschließend auf einen Durchmesser von < 1 mm vermahlen wurde, entnommen.

Tabelle 13: Erntetermine für Schnitt- und Weidenutzung

Aufwuchs	3 Schnitte	3-4 mal Weide
1.	Mai (22. Woche)	Mai (19./20. Woche)
2.	Juli (30. Woche)	Juli (27./28. Woche)
3.	September (38. Woche)	September (35.-38. Woche)
4.		Oktober (43./44. Woche)

Botanische Zusammensetzung

Die Pflanzenbestimmung erfolgte in den Jahren 2003, 2005 und 2006 (Mai, Juni). In der Bestandsschätzung wird der Deckungsgrad der einzelnen botanischen Arten, geschätzt als prozentualer Flächenanteil an der gesamten Parzellefläche, ermittelt. Unbekannte Arten sind mit entsprechender Bestimmungsliteratur ermittelt worden (PETERSEN 1961; ROTHMAHLER 2009). Die futterwirtschaftlichen und ökologischen Kennzahlen des Pflanzenbestandes (Futterwertzahl, Feuchtzahl, Stickstoffzahl, Reaktionszahl, Lichtzahl, Salzzahl, Wasserstufe, Artenzahl, Dominance, Evenness, Shannon-H) wurden nach PETERSEN (1952), KLAPP et al. (1953), ELLENBERG (1991), BRIEMLE & ELLENBERG (1994) und DIERßen & KIEL (2000) berechnet.

3.2.4 Rohaschebestimmung

Die Ascheanteile im Pflanzenmaterial wurden durch Glühen bei 550°C ermittelt und als Glührückstand gewogen (VDLUFA 1997).

Rohasche in % = $100 (b-a) / 2$

a: Masse des Keramiktiegels

b: Masse des Keramiktiegels mit Probe nach der Veraschung

3.2.5 Bestimmung des Stickstoff- und Rohproteingehaltes

Die Bestimmung des N-Gehaltes in der Trockenmasse erfolgte nach der KJELDAHL- Methode (ANONYM 1976). Der Rohproteingehalt wurde aus dem N-Gehalt durch Multiplikation mit dem Faktor 6,25 errechnet (NEHRING 1963).

3.2.6 Bestimmung der Nährstoffe Phosphor und Kalium

Zur Bestimmung dieser Parameter wurde die Rohasche gleich nach dem Zurückwiegen mit 25%iger Salzsäure aufgenommen und in einem 100 ml Erlenmeyerkolben für 15 min aufgekocht. Nach dem Abkühlen wurde dieser bis zum Eichstrich mit destilliertem Wasser aufgefüllt. Um die groben Bestandteile dieser Lösung zu entfernen, wurde sie gefiltert und dann 1:10 verdünnt.

3.2.6.1 Bestimmung des Phosphorgehaltes

Um den P-Gehalt der Proben zu bestimmen, wurden 35 ml der im Kapitel 3.2.6 entstandenen Lösung mit 15 ml Vanadat-Molybdat-Reagenzgemisch versetzt. Dieses Gemisch musste 120 min reagieren, bevor es photometrisch mit dem „Spektol 11 Carl Zeiss Jena“ analysiert werden konnte. Der P-Gehalt verursacht eine Gelbfärbung des Gemisches, wodurch es zu unterschiedlichen Färbungen kommt. Anhand der Extinction wird der P-Gehalt bestimmt. Ergebnis ist der P-Gehalt in $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ bezogen auf Trockensubstanz.

3.2.6.2 Bestimmung des Kaliumgehaltes

Die Bestimmung des K-Gehalts erfolgte über das „ELEX Flammen-photometer“. Die filtrierte Aschelösung wird mit einem Zerstäuber einem Brenngas, in diesem Fall Acetylen, beigemischt, wodurch das Gemisch entflammt. Aus der Lichtin-

tensität der Lösungen kann auf die Konzentration des K-Gehalts geschlossen werden.

3.2.7 Bestimmung des Rohfasergehaltes

Die Bestimmung des Rohfasergehaltes in der Trockenmasse erfolgte nach der Methode von SCHARRER & KÜRSCHNER (1981).

Der Gehalt an Rohfaser in Prozent der Probe wird nach folgender Formel berechnet:

$$W_{\text{Rohfaser}} = (100 (b - c)) / a$$

a = Einwaage in g

b = Gewichtsverlust in g nach dem Veraschen

c = Gewichtsverlust in g beim Blindversuch

3.2.8 Bestimmung der Verdaulichkeit (ELOS)

Die Bestimmung der enzymlöslichen organischen Substanz (ELOS) erfolgte nach der Cellulasemethode der LUFA im Labor des Institutes für Landnutzung (VDLUFA 1997):

$$\text{ELOS} = [100 - G \times 1.000.000 : (E \times \text{TM} \times (100 - \text{XP}))] \%$$

G: Glühverlust [g]

E: Einwaage [g]

TM: Trockenmasse [g kg⁻¹ FM]

XA: Rohasche der Probe in der TM [g kg⁻¹ TM]

3.2.9 Ermittlung der Energiegehalte (Umsetzbare Energie und Nettoenergie Laktation)

Zur Berechnung der Energiegehalte gibt es unterschiedliche Formeln, die zu mehr oder weniger identischen Ergebnissen führen. Die Energiegehalte für Rinder wurden als umsetzbare Energie (ME) und als Nettoenergie Laktation (NEL) ermittelt. Dafür standen mehrere Schätzformeln zur Verfügung. Aus der Literatur standen die EULOS- Formeln nach FRIEDEL (1990) für ME und NEL zur Verfügung, darüber hinaus die EULOS- Formeln von WEISSBACH et al. (1999), die

Silage- ELOS Formeln und die Rohnnährstoffformeln der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie (KIRCHGESSNER 1998).

XP: Rohprotein (g kg^{-1} TM)

XL: Rohfett (g kg^{-1} TM)

XF: Rohfaser (g kg^{-1} TM)

XA: Rohasche (g kg^{-1} TM)

OM: organische Masse (g kg^{-1} TM)

OM_{cu}: cellulaseunlösliche Organische Masse (g kg^{-1} TM) = EULOS

OM_c: cellulaselösliche Organische Masse (g kg^{-1} TM) = ELOS

DOM: Verdaulichkeit der organischen Masse (%)

ME: Metabolische (Umsetzbare) Energie (MJ kg^{-1} TM)

NEL: Nettoenergie Laktation (MJ kg^{-1} TM)

1 FRIEDEL (1990):

$$\text{ME} = 0,0136 \text{ OM} - 0,0134 \text{ OM}_{\text{cu}} + 0,0026 \text{ XP}$$

$$\text{NEL} = \text{ME} (0,463 + 0,24 \text{ ME} / 18,4)$$

2 WEISSBACH et al. (1999):

$$\text{DOM} (\%) = 100 (940 - \text{RA} - 0,62 \text{ EULOS} - 0,000221 \text{ EULOS}^2) / (1000 - \text{XA})$$

$$\text{ME} (\text{MJ kg}^{-1} \text{ TM}) = 13,98 - 0,0147 \text{ XA} - 0,0102 \text{ EULOS} - 0,00000254 \text{ EULOS}^2 + 0,00234 \text{ XP}$$

$$\text{NEL} = \text{ME} (0,48 + 10,37 \text{ ME}) / (1000 - \text{XA})$$

KIRCHGESSNER (1998):

3 Grassilage – ELOS- Formel

$$\text{ME} = 0,54 + 0,01987 \text{ XP} + 0,01537 \text{ ELOS} + 0,000706 \text{ XL}^2 - 0,00001262 \text{ ELOS} \times \text{RA} - 0,00003517 \text{ ELOS} \times \text{XP}$$

$$\text{NEL} = \text{ME} (0,48 + 10,37 \text{ ME}) / (1000 - \text{XA}) \text{ (nach Weißbach)}$$

4.a Rohnnährstoffformel, Frischgras 1. Aufwuchs

$$\text{ME} = 14,06 - 0,01370 \text{ XF} + 0,00483 \text{ XP} - 0,0098 \text{ XA}$$

4.b Rohnnährstoffformel, Frischgras, Folgeaufwüchse

$$\text{ME} = 12,47 - 0,00686 \text{ XF} + 0,00388 \text{ XP} - 0,01335 \text{ XA}$$

$$\text{NEL} = \text{ME} (0,48 + 10,37 \text{ ME}) / (1000 - \text{XA}) \text{ (nach Weißbach)}$$

3.2.10 Mathematisch-Statistische Methoden

Ziel der Untersuchung war zunächst die statistische und graphische Darstellung der einzelnen Parameter in ihrer zeitlichen Variabilität. Hierzu wurden alle für die Fragestellung relevanten statistischen Verfahren der uni- und bivariaten Statistik zur Anwendung gebracht (Berechnung von arithmetischem Mittelwert, Standardabweichung, Korrelationskoeffizient) und ihre Darstellung in Abbildungen bzw. Tabellen übertragen.

Die statistische Auswertung der Untersuchungsergebnisse erfolgte mit Hilfe des PC-Statistikprogramms SPSS für Windows, Version 15 (ANONYM 2006).

Die statistischen Ergebnisse beruhen auf einfaktoriellen und allgemein mehrfaktoriellen Varianzanalysen in Verbindung mit dem Duncan-Test (Allgemeines lineares Modell; univariat). Der Deckungsgrad der Pflanzenarten wurde in einer Clusteranalyse (Quick-Cluster) verrechnet. Mit dem Programm PAST Version 1,83 (HAMMER et al. 2001) wurde mit Hilfe des Matrix-Algorithmus die Ab- und Anwesenheit der Pflanzenarten und ihre Örtlichkeiten in den Versuchsvarianten beschrieben (Seriation). Die grafische Darstellung der Ergebnisse erfolgte als Balken- oder Liniendiagramm sowie als Boxplots. Mit Hilfe eines schrittweise aufgebauten Mehrfachregressionsmodells konnten die Effekte der verschiedenen Faktoren (Düngung, Nutzung, Wetterparameter, Grundwasserflurabstand) auf den Ertrag quantifiziert werden.

Für die varianzanalytischen Verrechnungen wurden folgende Signifikanzniveaus angenommen:

sehr hoch signifikant	$p < 0,001$	***
hoch signifikant	$p < 0,01$	**
signifikant	$p < 0,05$	*
nicht signifikant	$p > 0,05$	n.s.

4 Ergebnisse

4.1 Standort Petschow bei Rostock auf Niedermoorgrünland

4.1.1 Bodennährstoffgehalte

Es liegen Anfangsgehalte und 3-jährige auf Varianten bezogene Bodenuntersuchungsergebnisse vor, welche in Tabelle 14, Abbildung 6 und Abbildung 7 wiedergegeben werden. PH-Wert und Mg-Gehalte waren ohne Ausnahme der Versorgungsstufe E (überreichlich versorgt) zuzuordnen, während K₂O- und P₂O₅-Gehalte differierten und damit die Dünger- und Exkrementwirkungen widerspiegeln.

Der Versuch begann auf einer früher intensiv bewirtschafteten Weidefläche auf dem hohen Niveau der Versorgungsstufe D und B in Bezug auf die Kalium und Phosphorwerte. Die P-Düngung führte zu einem Anstieg der P-Gehalte um eine Versorgungsstufe bei Schnitt- und Weidenutzung, Verzicht auf P-Düngung verringerte die Versorgungsstufe aber nicht, weder bei Schnitt- noch bei Weidenutzung.

Tabelle 14: Mittlere Bodennährstoffgehalte mit Versorgungsstufen

Jahr	Nutzung	pH-Wert	Mg (mg 100 g ⁻¹ B.)	K ₂ O (mg 100 g ⁻¹ B.)		P ₂ O ₅ (mg 100 g ⁻¹ B.)	
				Mit K *	Ohne K *	Mit P *	Ohne P *
1998	Vor Beginn	5,8 (E)	55 (E)	20 (D)	20 (D)	9 (B)	9 (B)
2001	Schnitt	5,7 (E)	55 (E)	20 (D)	14 (C)	13 (C)	9 (B)
2004	Schnitt	5,6 (E)	58 (E)	23 (D)	15 (C)	17 (C)	10 (B)
2006	Schnitt	5,7 (E)	55 (E)	26 (D)	13 (C)	13 (C)	9 (B)
1998	Vor Beginn	5,8 (E)	55 (E)	20 (D)	20 (D)	9 (B)	9 (B)
2001	Weide	5,8 (E)	56 (E)	55 (E)	37 (E)	8 (B)	7 (B)
2004	Weide	5,7 (E)	65 (E)	95 (E)	39 (E)	14 (C)	9 (B)
2006	Weide	5,7 (E)	68 (E)	92 (E)	78 (E)	17 (C)	9 (B)

*Es wurden die Varianten (D4, D5, D6, D7, D8, D9, D11, D12) als mit K, die Varianten (D1, D2, D3, D10) als ohne K, die Varianten (D3, D7, D8, D9, D10, D11, D12) als mit P und die Varianten (D1, D2, D4, D5, D6) als ohne P zusammengefasst vgl. Tabelle 10. Unterschiedliche Buchstaben weisen auf Unterschiede der Versorgungsstufen hin

Die größten Differenzen waren nach 8-jähriger Versuchsdurchführung im K-Gehalt vorhanden, wobei der Anstieg der Gehalte in den mit Kalium gedüngten Varianten der Schnittnutzung und der generelle Anstieg der K-Gehalte in den Weideparzellen zu verzeichnen war. Die Kalium-Versorgungsstufe erhöhte sich

von D auf E, mit besonders hohem Anstieg in den Weidevarianten, wobei in den ungedüngten Weidevarianten höhere Gehalte als in den mit Kalium gedüngten Schnittvarianten erreicht wurden.

Auf nicht mit Kalium gedüngten Schnittparzellen verringerte sich der K-Gehalt in 8 Jahren um eine Versorgungsstufe auf C, welche für das Ertragsniveau ohne Düngung begrenzend wirken kann.

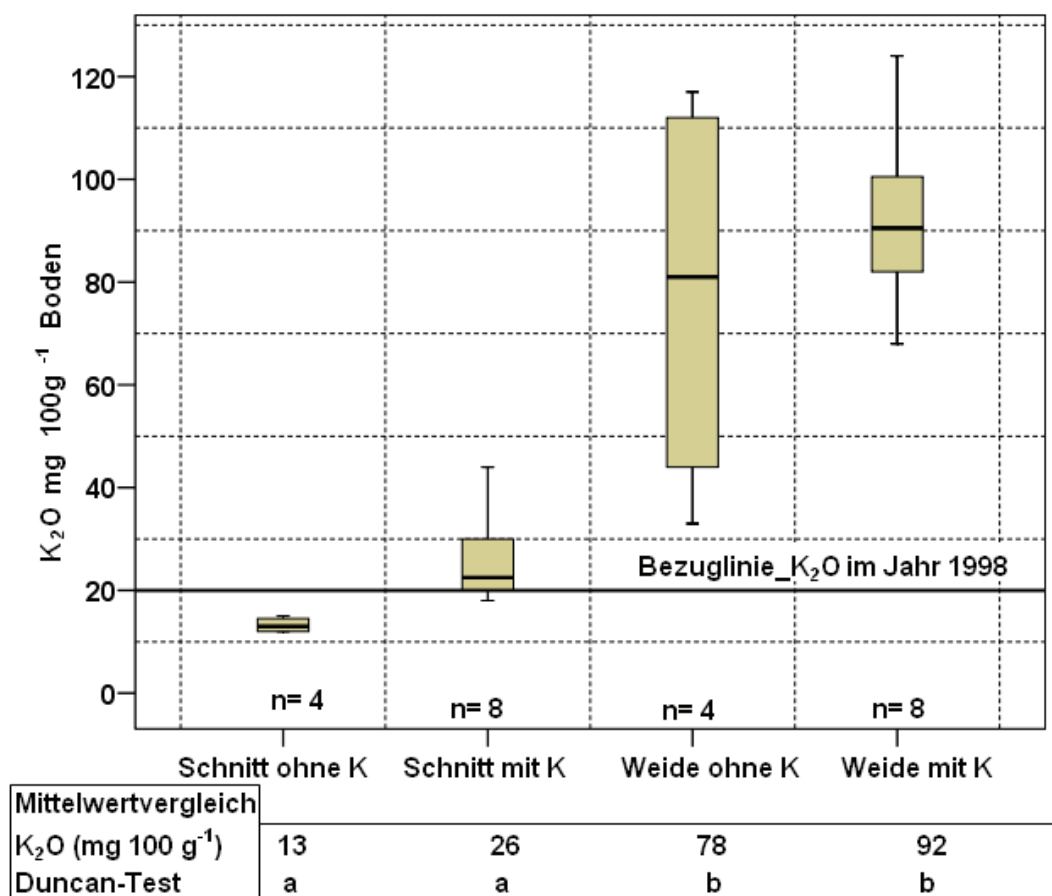


Abbildung 6: Boxplot der K₂O-Gehalte des Bodens im Jahr 2006 in Abhängigkeit von der Nutzung (Dargestellt sind Minima, Maxima, 25- und 75 %-Quantile, Mediane [Strich], unterschiedliche Buchstaben weisen auf signifikante Mittelwertunterschiede der Düngungsvarianten hin, $p < 0,05$)

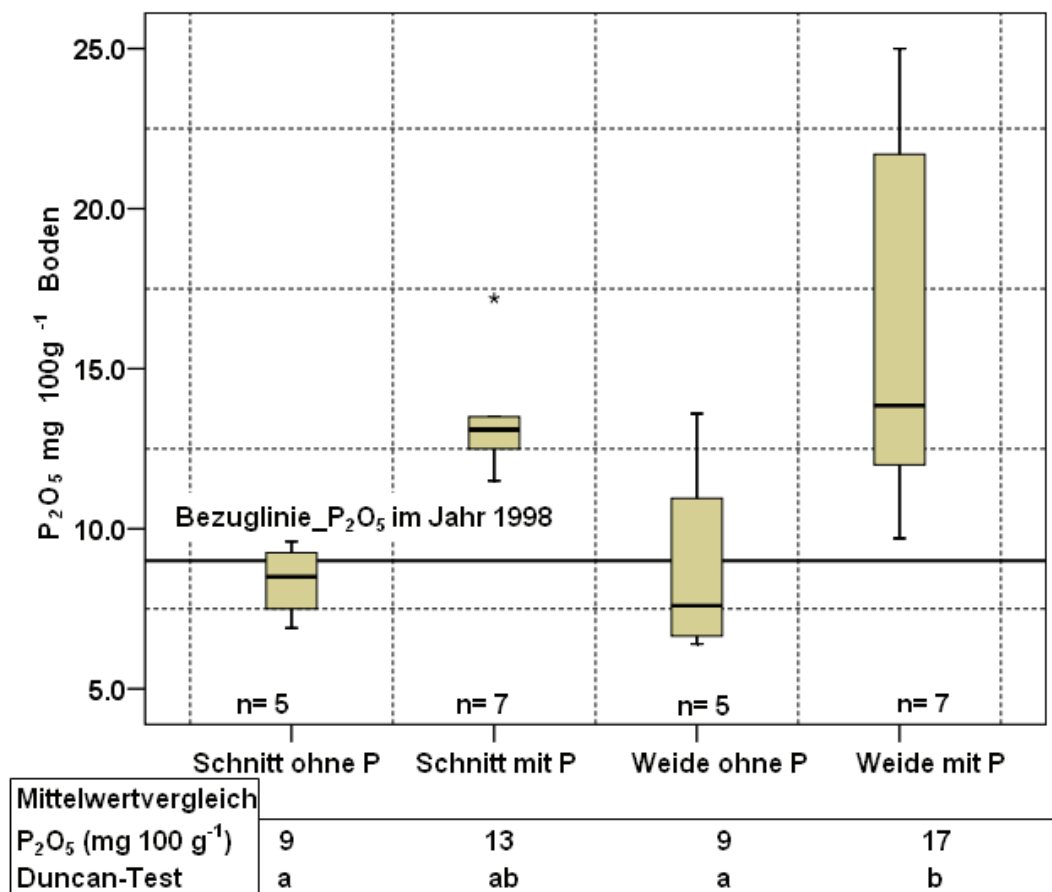


Abbildung 7: Boxplot der P_2O_5 -Gehalte des Bodens im Jahr 2006 in Abhängigkeit von der Nutzung (Dargestellt sind Minima, Maxima, 25- und 75 %-Quantile, Mediane [Strich], unterschiedliche Buchstaben weisen auf signifikante Mittelwertunterschiede der Düngungsvarianten hin, $p < 0.05$)

4.1.2 Biodiversität der höheren Pflanzen und ökologische Kennzahlen

Es handelt sich um Ergebnisse aus dem Jahr 2006, wobei der Deckungsgrad in % nach 8-jähriger Versuchsdauer auf Niedermoorgrünland (Petschow bei Rostock) bestimmt wurde.

Insgesamt wurden auf der 2160 m^2 großen Versuchsfläche 26 Pflanzenarten gefunden, von denen 25 auf den 1080 m^2 umfassenden Schnittflächen und 15 auf den 1080 m^2 Weideflächen vorkamen (Abbildung 8, Tabelle 15).

Die Zuordnung der Bestandesbildner zu den einzelnen Prüfvarianten entsprechend deren Häufigkeit resp. Rarität wurde mittels der Seriation-Routine "Mao tau" nach COLWELL et al. (2004) realisiert. Es konnten mit dieser Diagonale die Pflanzenarten und die Düngungsvarianten sequenziert angesehen werden.

Pflanzenarten		3- Schnittnutzung								3-4 Weidenutzung							
		Ohne K				Mit K				Ohne N				Mit N			
Deutscher Name	Botanischer Name	oD	P	N	NP	K	PK	NK	NPK	oD	P	K	PK	N	NP	NK	NPK
Rohrglanzgras	<i>Phalaris arundinacea</i>	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Welsches Weidelgras	<i>Lolium multiflorum</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Rot Klee	<i>Trifolium pratense</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Wiesen Sauerampfer	<i>Rumex acetosa</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Knautgras	<i>Dactylis glomerata</i>	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Flutender Schwaden	<i>Glyceria fluitans</i>	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
Stumpfblättriger Ampfer	<i>Rumex obtusifolius</i>	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Gundermann	<i>Glechoma hederacea</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Wiesen Schwingel	<i>Festuca pratensis</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rasen Schmieie	<i>Deschampsia cespitosa</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gamander Ehrenpreis	<i>Veronica chamaedrys</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Große Brennnessel	<i>Urtica dioica</i>	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Löwenzahn	<i>Taraxacum officinale</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
Wiesenrispe	<i>Poa pratensis</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Kriechender Hahnenfuß	<i>Ranunculus repens</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Knickfuchsschwanz	<i>Alopecurus geniculatus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gemeine Quecke	<i>Elytrigia repens</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gemeine Rispe	<i>Poa trivialis</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Wiesenlieschgras	<i>Phleum pratense</i>	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	1
Behaarte Segge	<i>Carex hirta</i>	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0
Deutsches Weidelgras	<i>Lolium perenne</i>	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Weiß-Klee	<i>Trifolium repens</i>	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Wiesen Fuchsschwanz	<i>Alopecurus pratensis</i>	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0
Krauser Ampfer	<i>Rumex crispus</i>	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1
Vogelmiere	<i>Stellaria media</i>	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1
Gewöhnliches Hirtentäschel	<i>Capsella bursa pastoris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Artenzahl		11	12	11	11	18	17	14	14	12	9	11	12	12	9	9	12

Abbildung 8: Darstellung der Präsenz der Pflanzenarten geordnet nach der Nutzung und der Düngung (Seriation) (0= Pflanzenart ist nicht vorhanden, 1= Pflanzenart ist vorhanden. Es wurden die K-Varianten (D4, D5), PK-Varianten (D7, D8, D9) und NPK-Varianten (D11, D12) zusammengefasst vgl. Tabelle 10.

Tabelle 15: Der mittlere Deckungsgrad der Pflanzenarten (%) nach 8-jähriger Nutzung (2006)

Deutscher Name	Botanischer Name	Schnitt	Weide	Gesamtmittel
Gräser %		69	81	75
Gemeine Quecke	<i>Elytrigia repens</i>	4	3	4
Knickfuchsschwanz	<i>Alopecurus geniculatus</i>	7	11	9
Wiesen Fuchsschwanz	<i>Alopecurus pratensis</i>	+	+	+
Behaarte Segge	<i>Carex hirta</i>	2	2	2
Knautgras	<i>Dactylis glomerata</i>	4	-	2
Rasen Schmieie	<i>Deschampsia cespitosa</i>	+	-	+
Wiesen-Schwingel	<i>Festuca pratensis</i>	+	-	+
Flutender Schwaden	<i>Glyceria fluitans</i>	2	+	1
Welsches Weidelgras	<i>Lolium multiflorum</i>	15	-	8
Deutsches Weidelgras	<i>Lolium perenne</i>	+	19	10
Rohrglanzgras	<i>Phalaris arundinacea</i>	1	-	1
Wiesenlieschgras	<i>Phleum pratense</i>	1	+	1
Wiesenrispe	<i>Poa pratensis</i>	17	23	20
Gemeine Rispe	<i>Poa trivialis</i>	17	22	19
Kräuter %		30	9	20
Gewöhnliches Hirtentäschel	<i>Capsella bursa-pastoris</i>		+	+
Gundermann	<i>Glechoma hederacea</i>	+	-	+
Kriechender Hahnenfuß	<i>Ranunculus repens</i>	18	4	11
Wiesen Sauerampfer	<i>Rumex acetosa</i>	+	-	+
Krauser Ampfer	<i>Rumex crispus</i>	+	1	+
Stumpfbältriger Ampfer	<i>Rumex obtusifolius</i>	+	-	+
Vogelmiere	<i>Stellaria media</i>	2	2	2
Löwenzahn	<i>Taraxacum officinale</i>	7	2	5
Große Brennnessel	<i>Urtica dioica</i>	1	-	1
Gamander Ehrenpreis	<i>Veronica chamaedrys</i>	+	-	+
Leguminosen %		1	10	5
Rot Klee	<i>Trifolium pratense</i>	+	-	+
Weiß-Klee	<i>Trifolium repens</i>	1	10	5
Summe Artenzahl		25	15	26

Bei Einräumung von 6 Möglichkeiten der Gruppenbildung nach einer statistischen Cluster-Methode wurde der Pflanzenbestand der 36 Parzellen (je 30 m²) bei Schnittnutzung in 4 Cluster (Pflanzenbestände mit ähnlicher botanischer Zusammensetzung) untergliedert, der Pflanzenbestand der 36 Parzellen (je 30 m²) bei Weidenutzung nur in 3 Cluster untergliedert.

Die in Cluster ähnlicher botanischer Zusammensetzung eingeordneten Parzellen waren meistens benachbart, zwischen Weide- und Schnittnutzung differenziert, aber nicht aus denselben Düngungsvarianten. Die botanische Zusam-

mensetzung der Parzellen einheitlicher Düngungsvarianten wurde nach dem Computerprogramm nicht einheitlich einem Cluster, sondern immer mehreren Clustern zugeordnet.

Deshalb ist die botanische Biodiversität auf dem Versuchsstandort Niedermoor Petschow bei Weidenutzung geringer als bei Schnittnutzung und insgesamt stärker durch Nutzung und Bodenwasserhaushalt differenziert als durch die Düngungsstufen. Geschützte Pflanzenarten (Rote Liste von Mecklenburg-Vorpommern) kamen auf dem den Feuchtzahlen 6 und 7 bzw. den Wasserstufen 2+ und 3+ zugeordneten Grünlandflächen weder bei Schnitt- noch bei Weidenutzung vor, da die Fläche vorher langjährig einheitlich als halbintensive Umtriebsweide bewirtschaftet worden ist.

Zur besseren Vergleichbarkeit mit Daten anderer Erhebungen zur Phytodiversität wurde das Pflanzeninventar des Versuches in Abhängigkeit von der Parzellenanzahl dargestellt (species-area-function). Die diesbezüglichen Schätzungen wurden mit vier Methoden (Chao 2, Jackknife 1, Jackknife 2 und Bootstrap) vorgenommen (COLWELL & CODDINGTON 1994).

Das Artenpotential des Versuchsstandortes ist mit Hilfe von Rarefaction-Funktionen in Abhängigkeit von der Anzahl an Aufnahmeflächen berechnet und dargestellt worden (Abbildung 9). Demnach würde auch eine sehr starke Erhöhung der Anzahl an Boniturflächen kaum mehr als 30 Arten auf diesem Standort erwarten lassen.

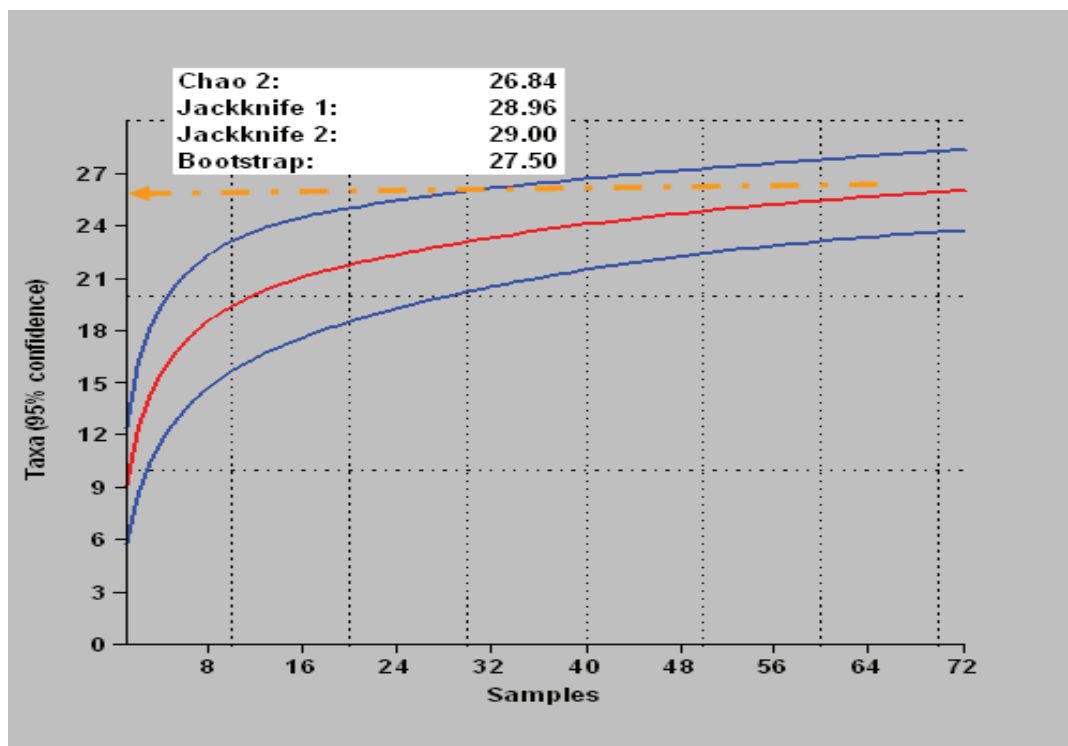


Abbildung 9: Das Artenpotential des Versuchsstandortes in Abhängigkeit von der Anzahl an Aufnahmeflächen

Im Vergleich mit gedüngten Varianten resultierten aus dem Düngungsverzicht sowohl bei Schnittnutzung als auch bei Weidenutzung eine tendenzielle höhere Artenzahl und signifikant verschiedene Dominance-Index (Tabelle 16).

Tabelle 16: Diversitätsvergleich von Parzellen nach Düngung und Nutzung (Bootstrapping, Endsituation 2006)

	3-Schnittnutzung			3-4 Weidenutzung		
	Ohne Düngung	NPK	Sign.	Ohne Düngung	NPK	Sign.
Artenzahl	9,67	8,83	n.s.	9,66	8,17	n.s.
Dominance	0,19	0,21	n.s.	0,16	0,23	*
Shannon H	1,86	1,77	n.s.	1,96	1,64	*
Evenness	0,83	0,82	n.s.	0,87	0,79	n.s.
	Ohne Düngung	PK	Sign.	Ohne Düngung	PK	Sign.
	Ohne Düngung	K	Sign.	Ohne Düngung	K	Sign.
Artenzahl	9,67	10,11	n.s.	9,66	8,11	n.s.
Dominance	0,19	0,16	n.s.	0,16	0,2	n.s.
Shannon H	1,86	1,98	n.s.	1,96	1,75	*
Evenness	0,83	0,87	n.s.	0,87	0,84	n.s.

n.s.= nicht signifikant; *= $p < 0,05$

Geringfügige Differenzen der Futterwertzahl, der Lichtzahl, der Temperaturzahl und der Feuchtezahl (nach KLAPP in OPITZ V. BOBERFELD 1994 und ELLENBERG 1991) zwischen Schnitt- und Weidenutzung wurden in logischen Relationen ermittelt. Bei Weidenutzung traten geringfügig höhere Futterwertzahlen, geringfügig höhere Lichtzahlen und geringfügig höhere Feuchtezahlen, aber etwas geringere Temperaturzahlen auf (Tabelle 17).

Tabelle 17: Futterwirtschaftliche und ökologische Kennzahlen

	3-Schnittnutzung			3-4 Weidenutzung		
	Max.	Mittelwert	Min.	Max.	Mittelwert	Min.
Shannon-Index	2,3	1,9	1,4	2,2	1,8	1,4
Evenness	1,0	0,8	0,6	1,0	0,8	0,7
Lichtzahl	7,1	6,7	6,3	7,4	7,0	6,6
Temperaturzahl	7,0	6,4	5,7	6,0	5,9	5,8
Feuchtezahl	7,1	5,9	4,9	6,7	6,1	5,0
Reaktionszahl	7,0	6,8	6,0	7,0	6,9	6,5
Stickstoffzahl	7,5	6,9	6,5	7,2	6,9	6,4
Artenzahl	14	9,8	7	11	8,9	6
Futterwertzahl	7,1	5,6	3,1	7,6	6,4	4,6

Die höheren Futterwertzahlen bei Weidenutzung basieren auf höheren Anteilen von Weißklee (FWZ 8), höheren Anteilen von Deutschem Weidelgras (FWZ 8) und geringeren Anteilen von Kriechendem Hahnenfuß (FWZ 2). Höhere Feuchtezahlen bei Weidenutzung sind durch höhere Anteile von Knickfuchsschwanz (F 7; FWZ 3) bedingt.

Durch N-Düngung wurden gefördert: *Poa pratensis*, *Elytrigia repens* und die Summe der Gräser; reduziert wurden: *Alopecurus geniculatus*, *Ranunculus repens*, *Taraxacum officinale*, *Trifolium repens* und die Summe der Kräuter. Durch P-Düngung wurden gefördert: *Elytrigia repens*, *Trifolium repens* und die Summe der Kräuter; reduziert wurden: *Poa trivialis*, *Alopecurus geniculatus*, *Ranunculus repens* und Summe der Gräser. Durch K-Düngung wurde gefördert: *Elytrigia repens*, *Lolium multiflorum*; reduziert wurden: *Poa trivialis*, *Alopecurus geniculatus* und *Ranunculus repens*.

4.1.3 Trockenmasseerträge

4.1.3.1 Grundertrag und Düngerwirkung im Vergleich von Schnitt- und Weidenutzung

Beide Prüffaktoren (Düngung und Nutzung) brachten statistisch signifikante Differenzen zwischen den Varianten. Es traten statistisch signifikante Wechselwirkungen zwischen Nutzung und Düngung sowie Nutzung und Jahren auf (Tabelle 18 und Tabelle 19).

Tabelle 18: Statistische Signifikanz des Ertrags und Wechselwirkungen der Prüffaktoren

Prüffaktoren	dt TM ha ⁻¹
Nutzung	***
Düngung	***
Jahr	***
Wiederholung	*
Nutzung x Jahr	***
Nutzung x Düngung	***
Düngung x Jahr	n.s.
Nutzung x Wiederholung	**
Nutzung x Düngung x Jahr	n.s.
Nutzung x Wiederholung x Jahr	n.s.

n.s.= nicht signifikant; *= p<0,05, **= p<0,01, ***= p<0,001

Der durchschnittliche Jahresertrag betrug bei Schnittnutzung 87 dt TM ha⁻¹ und bei Weidenutzung 67 dt TM ha⁻¹. Im Vergleich der jeweiligen Düngungsvariante zur 0- Variante (69 dt TM ha⁻¹) blieben **bei Schnittnutzung** nur 2 Varianten (P= TSP, N= KAS) ohne signifikanten Mehrertrag. Dagegen erreichten die übrigen 9 Düngungsvarianten einen signifikanten Mehrertrag gegenüber der 0- Variante. Die Höchstertragsvariante, eine Kombination von Stickstoff und Kalium (NK; KAS, 60er Kali), erreichte 102 dt TM ha⁻¹. Kainit als Alleindünger (K2) erreichte 3 dt weniger als die Vergleichsvariante (K1) mit 60er Kali. Diese Differenz von 3 dt TM ist jedoch statistisch nicht gesichert. Von Bedeutung ist auch der Vergleich der Variante Patent-PK (95 dt TM ha⁻¹), die, wie Kainit ebenfalls im ökologischen Landbau zugelassen ist, mit der Variante Kainit (86 dt TM ha⁻¹). Der Mehrertrag des Patent-PK gegenüber Kainit betrug 9 dt TM ha⁻¹ und war nicht signifikant.

Tabelle 19: Mittlere jährliche TM-Erträge bei Schnitt- und Weidenutzung (mehrfaktorielle Varianzanalyse, Duncan-Test)

Prüffaktoren				3-Schnittnutzung n=252	3-4 Weidenutzung n= 288
				dt TM ha ⁻¹	
Jahr				***	***
1999				87 c	51 a
2000				92 c	82 f
2001				115 d	78 e
2002				92 c	71 d
2003				72 a	66 c
2004					71 d
2005				80 b	57 b
2006				69 a	65 c
Ertragsmittel				87	67
Wiederholung				n.s.	***
A				87	63 a
B				86	67 b
C				88	73 c
Düngungsvarianten				(⁺) ***	***
D1	Ohne	Düngung	(n)	69 a	59 a
D2	N	KAS	(k)	73 ab	67 cd
D3	P	TSP	(k)	68 a	61 ab
D4	K1	KCl: 60er Kali	(k)	89 cd	64 abc
D5	K2	Mg-Kainit	(ö)	86 cd	64 abc
D6	NK	KAS, KCl: 60er Kali	(k)	102 e	77 e
D7	PK1	TSP, KCl: 60er Kali	(k)	90 cd	67 cd
D8	PK2	Patent-PK	(ö)	95 de	66 bc
D9	PK3	Thomas-Kali	(k)	90 cd	66 bc
D10	NP	KAS, TSP	(k)	81 bc	72 de
D11	NPK1	KAS, TSP, KCl: 60er Kali	(k)	99 e	76 e
D12	NPK2	AS, TSP, KCl: 60er Kali	(k)	100 e	74 e

Unterschiedliche Buchstaben weisen auf signifikante Differenzen der Düngungsvarianten hin (***= p<0,001). (⁺) Bewirtschaftung: (n)= naturschutzgerecht, (k)= konventionell, (ö)= ökologisch, KAS= Kalkammonsalpeter, TSP= Tripelsuperphosphat, AS= Ammonsulfat

Bei Weidenutzung unterschieden sich von den 12 Düngungsvarianten nur 5 statistisch signifikant voneinander. Die Varianten „Ohne Düngung,, und „P-Düngung,, mit dem niedrigsten Ertragsniveau von 59 dt TM ha⁻¹ bzw. 61 dt TM ha⁻¹ einerseits differierten signifikant von den Varianten NK (KAS, 60er Kali), NPK1 (KAS, TSP, 60er Kali) und NPK2 (AS, TSP, 60er Kali) mit dem höchsten Ertragsniveau von 77 dt TM ha⁻¹ bzw. 76 dt TM ha⁻¹ bzw. 74 dt TM ha⁻¹ andererseits. Die übrigen Varianten der Weidenutzung unterschieden sich nicht signifikant voneinander. Von Bedeutung ist auch der Vergleich der Variante Patent-PK (66 dt TM ha⁻¹), die, wie Kainit ebenfalls im ökologischen Landbau zu-

gelassen ist, mit der Variante Kainit (64 dt TM ha^{-1}). Der Mehrertrag des Patent-PK gegenüber Kainit von 2 dt TM ha^{-1} war nicht signifikant. Prinzipiell eignen sich alle im Handel befindlichen Kaliumdüngemittel, denn alle K-Varianten erzielten bei Schnittnutzung einen statistisch gesicherten Mehrertrag gegenüber der 0 – Variante. Im Gegensatz dazu trat bei Weidenutzung allein durch K-Düngung kein statistisch gesicherter Mehrertrag auf.

Bei den Schnittvarianten setzte nach dem 3. Versuchsjahr eine Ertragsdepression bis zum Jahr 2006 ein (Abbildung 10), aber die jährlichen Trockenmasseerträge nehmen bei der Weidevariante nicht ab (Abbildung 11).

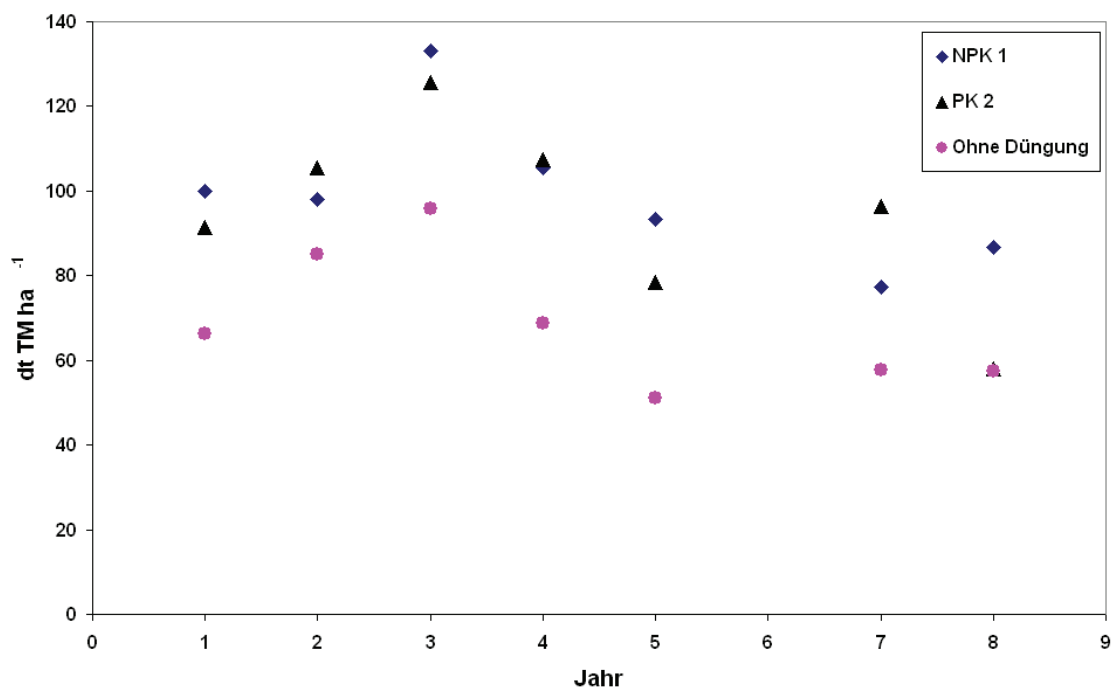


Abbildung 10: Die jährlichen TM-Erträge bei Schnittnutzung (Mittelwerte von 1999 bis 2006)

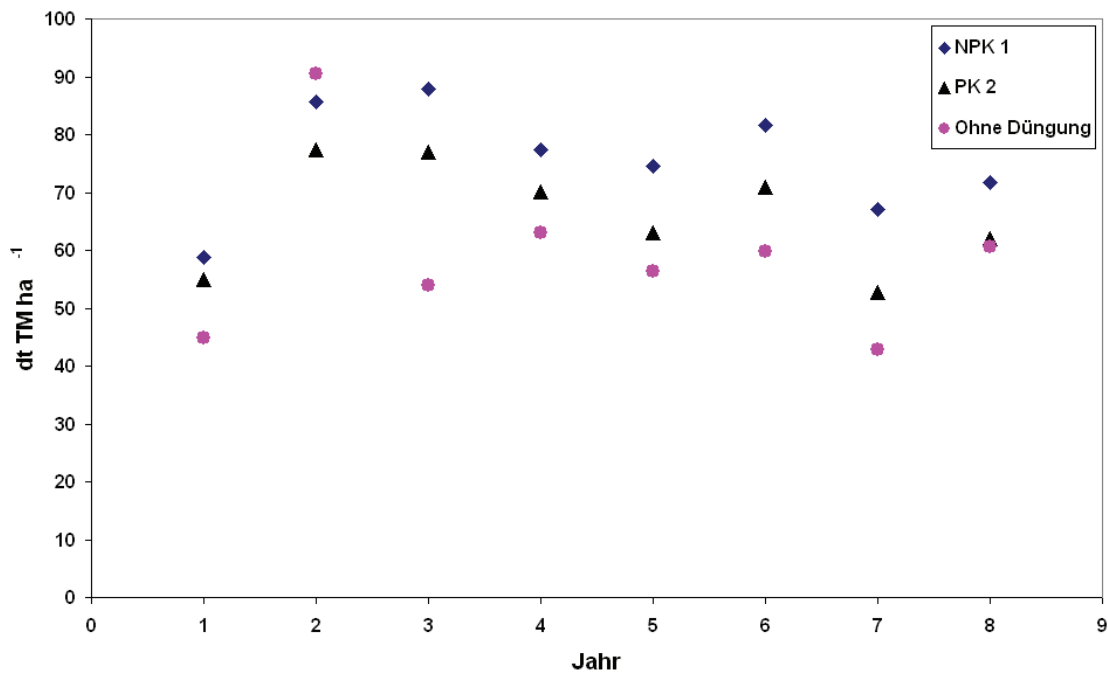


Abbildung 11: Die jährlichen TM-Erträge bei Weidenutzung (Mittelwerte von 1999 bis 2006)

Die Gesamtwirkung der Hauptnährstoffe ist in Tabelle 20 gezeigt. Kalium erzielte als einzelner Nährstoff die stärkste Wirkung, Phosphor dagegen die geringste Wirkung. Durch Kombination mit einem anderen Hauptnährstoff trat der bekannte Kombinationseffekt auf. Am effektivsten erwies sich auf dem Niedermoorgrünland Petschow eine NK-Düngung.

Tabelle 20: Mittlere Mehrerträge gegenüber der 0- Variante (1999-2006)

Nährstoff	3-Schnittnutzung	3-4 Weidenutzung
	dt TM ha ⁻¹	
N (KAS)	+ 4	+ 8
P (TSP)	- 1	+ 2
K 1 (KCl: 60er Kali)	+ 20	+ 5
K 2 (Mg-Kainit)	+ 17	+ 5
NK (KAS, KCl: 60er Kali)	+ 33	+ 17
PK 1 (TSP, KCl: 60er Kali)	+ 21	+ 8
PK 2 (Patent-PK)	+ 26	+ 7
PK 3 (Thomas-Kali)	+ 21	+ 7
NP (KAS, TSP)	+ 12	+ 13
NPK 1 (KAS, TSP, KCl: 60er Kali)	+ 30	+ 17
NPK2 (AS, TSP, KCl: 60er Kali)	+ 31	+ 15

KAS= Kalkammonsalpeter, TSP= Tripelsuperphosphat, AS= Ammonsulfat

4.1.3.2 Lineare Mehrfachregressionen unter Einbeziehung von Witterungsparametern sowie von Grundwasserniveau und Düngung

Der Verlauf der Witterung während der Versuchsjahre 1999 bis 2006 veranschaulicht aufgetretene Differenzen. Auffallend war insbesondere die Witterung der Versuchsjahre 2001 und 2003 (Abbildung 12). Im Jahr 2001 wurden mit 838 mm überdurchschnittlich hohe Jahresniederschläge gemessen. Das Jahr 2003 war mit 524 mm durch sehr geringere Jahresniederschläge und überdurchschnittlich hohe Jahrestemperaturen von 8,9 °C charakterisiert.

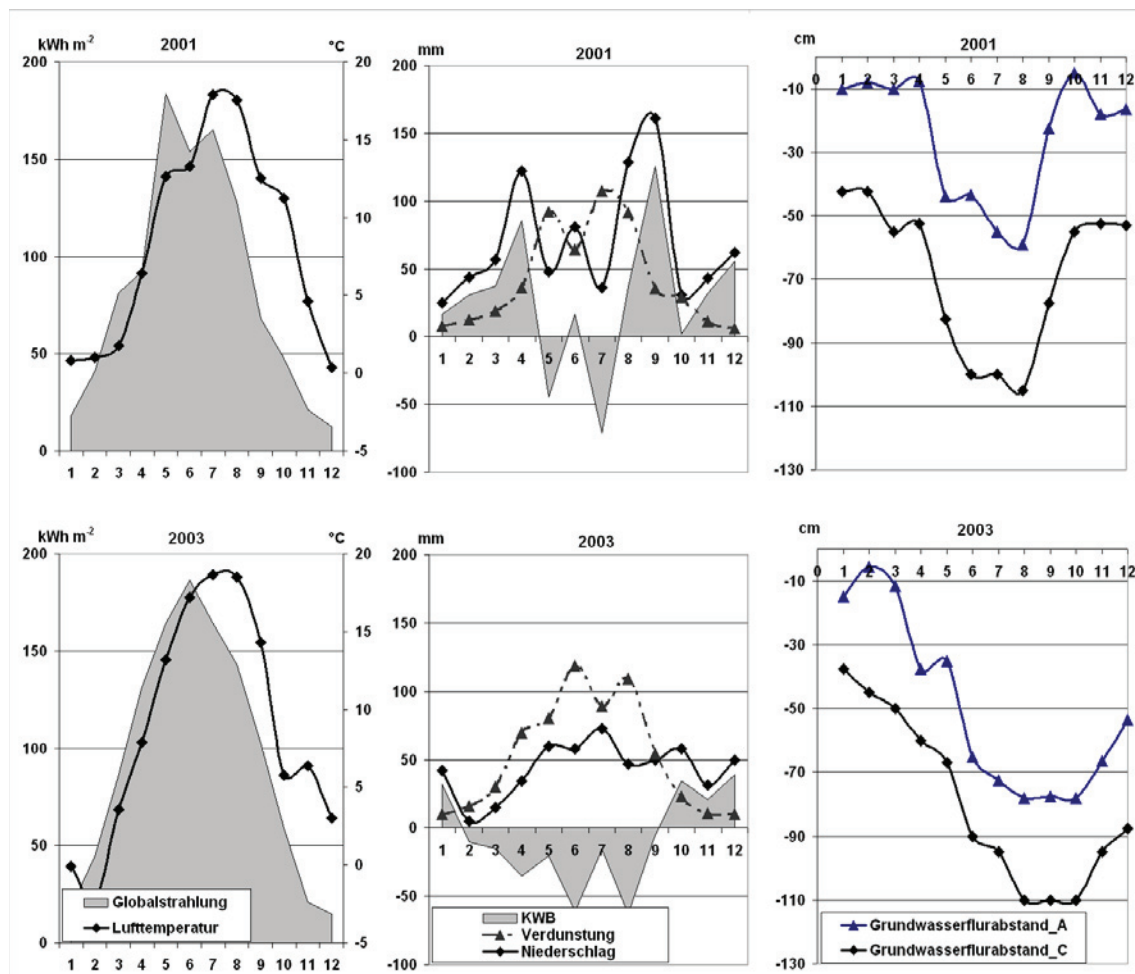


Abbildung 12: Vergleich der Witterungsverläufe von 2001 und 2003: Globalstrahlung [kWh m⁻²]; Lufttemperatur [°C]; Niederschläge [mm]; Verdunstung [mm]; Klimawasserbilanz [mm] sowie des Grundwasserflurabstandes der Versuchsblöcke A und C [cm unter Flur]

Es wurde versucht, diese Effekte mit Hilfe von Mehrfachregression zu quantifizieren (s. Tabelle 21). Dabei wurden die von den Einflussfaktoren der ersten Spalte ausgehenden mittleren Effekte auf den Jahresertrag getrennt nach den

Nutzungsarten Weide und Schnitt dargestellt. Während der mittlere Tabellenteil die partiellen Korrelationskoeffizienten enthält, finden sich die Schätzwerte der mittleren Faktoreinflüsse auf den Jahresertrag in den letzten beiden Spalten. Sie erlauben einen Vergleich der Wirkungsstärke der geprüften Einflussfaktoren. So hat im Fall der Weidenutzung der mittlere Grundwasserstand von Januar bis März einen markanten Einfluss auf den Jahresertrag. Unter Schnittnutzung erwies sich auch die klimatische Wasserbilanz im Spätsommer als ertragsrelevant. Der mittlere Stickstoffeffekt (75 kg N ha^{-1}) variierte zwischen den Nutzungsarten nicht, wohl aber der des Kaliums. Bei Schnittnutzung vermochte Kalidüngung den Ertrag im Mittel um ungefähr 11 dt TM ha^{-1} zu erhöhen. Ein Verzicht auf Stickstoff und Kalium führt bei Schnittnutzung nach 4-5 Jahren zu Mindererträgen von ca. 15 dt TM ha^{-1} . Von den Phosphorgaben gingen, weitgehend unabhängig von der Nutzungsart, keine messbaren Effekte auf das Potential der Biomassebildung aus.

Tabelle 21: Ergebnisse der linearen Mehrfachregression zur Abschätzung partieller Faktoreffekte auf den Jahresertrag an Biomasse (Ertrag = $f(\text{Jahr}; \text{GWF}; \text{KWB}; \text{Düngung})$)

Einflussfaktor(j)		Lineare Mehrfachregression						Schätzung	
		Gesamtertrag dt TM ha ⁻¹						mittlerer Effekt	
		Weide			Schnitt			dt ha ⁻¹	dt ha ⁻¹
		Faktorvariabilität							
		Min.	Max.	Mittel.	Regression b(j)	Korrelation partiell r(j)	Regression b(j)	Korrelation partiell r(j)	Weide Schnitt
Konstante dt TM ha ⁻¹					69		91		69 91
GWF_Januar_März	2	73	28		0,94	0,52	0,46	0,25	26,4 12,99
GWF_April_Mai	18	89	49		-0,44	-0,25			-21,71 0
GWF_Juni_Juli	35	104	75				-0,42	-0,26	0 -31,65
GWF_August_September	41	110	76		-0,15	-0,24			-11,17 0
KWB_April_Mai	-27	7	-11		0,51	0,31			-5,57 0
KWB_August_September	3	87	45		0,1	0,29	0,37	0,58	4,41 16,7
Jahr \neq 0 bei 1998	1	8	4,5		0	0	-3,17	-0,42	0 -14,27
N/kg ha ⁻¹	0	150	75		0,07	0,52	0,07	0,32	4,88 4,95
P/kg ha ⁻¹	0	60	30						0 0
K/kg ha ⁻¹	0	150	75		0,04	0,31	0,15	0,59	2,78 11,1
Bestimmtheitsmaß der Regression					0,67		0,6		
Standardfehler der Regression					8		14		
n					288		252		

GWF= Grundwasserniveau [cm unter Flur]; KWB= Klimawasserbilanz [mm], b(j) =signifikante ($p < 0,05$) Regressionskoeffizienten des Einflussfaktors (j)

4.1.3.3 Erntewürdigkeit der Aufwüchse

Schnitterträge einzelner Aufwüchse und Wuchshöhen können nicht ohne Kenntnis der Erntedaten betrachtet werden (vgl. Tabelle 13). Um 2-4 Wochen verschobene Erntetermine des 1. Aufwuchses (19./20. bzw. 26. Woche) führten zur Ertragssteigerung des 1. Aufwuchses im Zusammenhang mit der Reduzierung der Nutzungshäufigkeit.

Setzt man die Grenze der Schnittwürdigkeit auf $>25 \text{ dt TM ha}^{-1}$ fest, so waren die ersten Aufwüchse aller Düngungsvarianten, auch ohne Düngung, schnittwürdig, während die späteren Aufwüchse der Schnittvarianten die nicht mit Kalium gedüngten sich nicht mehr lohnten bzw. sich im Grenzbereich der Schnittwürdigkeit befanden.

An die Weidewürdigkeit werden geringere Anforderungen gestellt. 10 bis 20 dt TM ha^{-1} wurden in allen Weideaufwüchsen, auch bei Verzicht auf jegliche Düngung erreicht und überboten. Die Trockenmasseerträge der einzelnen Aufwüchse unterschieden sich im Falle aller Nutzungsvarianten signifikant nach dem Düngungsniveau (Tabelle 22), Während sich die den Düngungsvarianten entsprechenden Wuchshöhen (Tabelle 23 u. Tabelle 24) nicht in jedem Falle signifikant unterschieden.

Bei Wuchshöhe oberhalb von 35 cm, die im Zusammenhang mit den Vegetationsstadien „Schossen“ und „Blütenstandsschieben“ für die ersten Aufwüchse der Schnittvarianten zutreffen, wurden keine statistisch signifikanten Differenzen zwischen den Düngungsstufen erreicht. Außerdem wurden im 3./4. Aufwuchs der Weidenutzung ebenfalls keine statistisch signifikanten Differenzen der Düngungsstufen berechnet.

Tabelle 22: Mittlere TM-Erträge in Abhängigkeit von einzelnen Aufwüchsen bei Schnitt- und Weidenutzung (zweifaktorielle Varianzanalyse, Duncan-Test)

		1. Aufwuchs	2. Aufwuchs	3. Aufwuchs	4. Aufwuchs
		dt TM ha ⁻¹			
Schnittnutzung	Jahr	***	***	***	
	1999	31 b	30 d	26 c	
	2000	46 d	21 b	25 bc	
	2001	42 cd	36 e	36 d	
	2002	43 d	24 c	24 bc	
	2003	20 a	25 c	27 c	
	2004				
	2005	38 c	20 b	22 ab	
	2006	32 b	16 a	20 a	
Düngung		***	***	***	
	D1=Ohne D.	29 a	18 a	22 a	
	D2=N	32 ab	20 ab	21 a	
	D3=P	30 a	18 a	20 a	
	D4=K 1	38 cdef	24 cd	26 bc	
	D5=K 2	34 abc	23 bc	29 c	
	D6=NK	43 f	31 e	28 bc	
	D7=PK 1	37 bcdef	26 cd	26 bc	
	D8=PK 2	39 cdef	29 de	27 bc	
	D9=PK 3	35 abcd	26 cd	29 c	
	D10=NP	35 abcde	22 bc	24 ab	
	D11=NPK 1	42 ef	29 de	29 c	
	D12=NPK 2	40 def	32 e	28 bc	
Jahr x Düngung		n.s.	n.s.	n.s.	

Weidenutzung	Jahr	***	***	***	***
	1999	6 a	18 bc	18 c	9 b
	2000	14 b	51 f	18 cd	
	2001	17 c	33 e	14 a	14 c
	2002	17 c	22 d	13 a	19 f
	2003	14 b	17 b	17 c	17 e
	2004	14 b	20 cd	20 d	17 e
	2005	13 b	12 a	16 b	16 d
	2006	12 b	17 b	19 d	17 e
Düngung		***	***	**	***
	D1=Ohne D.	10 a	21 a	15,4 a	12 a
	D2=N	13 abcd	24 abcde	16,9 ab	13 abc
	D3=P	11 ab	22 a	16,2 ab	12 ab
	D4=K 1	11 ab	23 abcd	16,4 ab	14 c
	D5=K 2	11 ab	23 abc	15,7 a	14 c
	D6=NK	15 cde	27 e	18,1 bc	16 d
	D7=PK 1	13 abc	22 ab	17,3 abc	15 c
	D8=PK 2	13 abcd	23 abcd	16,5 ab	14 bc
	D9=PK 3	14 bcd	22 ab	16,9 ab	13 abc
	D10=NP	15 cde	26 cde	17 ab	14 c
	D11=NPK 1	16 de	26 de	19 c	14 c
	D12=NPK 2	17 e	25 bcde	17,4 abc	15 c
Jahr x Düngung		n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Unterschiedliche Buchstaben weisen auf signifikante Differenzen der Düngungsvarianten hin (n.s.= nicht signifikant, ***= p<0,001)

Tabelle 23: Mittlere Wuchshöhe in Abhängigkeit von einzelnen Aufwüchsen bei Schnittnutzung (einfaktorielle Varianzanalyse, Duncan-Test)

	1. Aufwuchs	2. Aufwuchs	3. Aufwuchs
	Wuchshöhe (cm)		
	n= 144	n= 144	n= 144
Düngung	n.s.	*	**
D1=Ohne D.	28	15	22
D2=N	32	20	21
D3=P	36	17	22
D4=K 1	39	19	23
D5=K 2	35	17	20
D6=NK	41	27	26
D7=PK 1	38	19	23
D8=PK 2	37	20	23
D9=PK 3	38	21	25
D10=NP	40	21	21
D11=NPK 1	41	27	26
D12=NPK 2	42	27	26

Unterschiedliche Buchstaben weisen auf signifikante Differenzen der Düngungsvarianten hin (n.s.= nicht signifikant; *= p<0,05, **= p<0,01)

Tabelle 24: Mittlere Wuchshöhe in Abhängigkeit von einzelnen Aufwüchsen bei Weidenutzung (einfaktorielle Varianzanalyse, Duncan-Test)

	1. Aufwuchs	2. Aufwuchs	3. Aufwuchs	4. Aufwuchs
	Wuchshöhe (cm)			
	n= 216	n= 216	n= 216	n= 216
Düngung	***	**	n.s.	n.s.
D1=Ohne D.	9	12	18	15
D2=N	14	18	18	17
D3=P	10	14	18	17
D4=K 1	10	15	19	18
D5=K 2	11	12	17	18
D6=NK	15	19	20	20
D7=PK 1	12	13	19	18
D8=PK 2	11	13	19	17
D9=PK 3	11	13	20	17
D10=NP	15	19	19	18
D11=NPK 1	15	21	20	18
D12=NPK 2	17	21	20	19

Unterschiedliche Buchstaben weisen auf signifikante Differenzen der Düngungsvarianten hin (n.s.= nicht signifikant; **= p<0,01, ***= p<0,001)

4.1.4 Ausgewählte futterwirtschaftliche Parameter

Bei den nachfolgend dargestellten Mittelwerten aus 2 Jahren (2000 und 2006) handelt es sich um Ergebnisse einfaktorieller Varianzanalysen.

4.1.4.1 Stickstoffgehalt

Die mittleren N-Gehalte im Futter variierten zwischen 24 und 36 g kg⁻¹ TS (Tabelle 25). Die N-Gehalte lagen bei **Schnittnutzung** im Mittel zwischen 24 und 30 g kg⁻¹ TS. Der Verzicht auf Düngung senkt die N-Gehalte bei Schnittnutzung im Vergleich zu den gedüngten Varianten bis 5 g kg⁻¹ TS. Diese Differenzen konnten statistisch nicht gesichert werden.

Aufgrund der Nährstoffrückführung, des jüngeren Futters und der günstigeren botanischen Zusammensetzung bei **Weidenutzung** waren die N-Gehalte deutlich höher als bei Schnittnutzung. Die N-Gehalte lagen bei Beweidung im Mittel zwischen 29 und 36 g kg⁻¹ TS. Der Verzicht auf Düngung senkt die N-Gehalte bei Weidenutzung im Vergleich zu den gedüngten Varianten um 2 bis 7 g kg⁻¹ TS. Diese Differenzen konnten statistisch nicht gesichert werden. Die NPK-Varianten hatten bei Weidenutzung den höchsten N-Gehalt.

Tabelle 25: Mittlere N-Gehalte bei Schnitt- und Weidenutzung in den Jahren 2000 und 2006 (einfaktorielle Varianzanalyse, Duncan-Test, n= 144)

Düngung	N in g kg ⁻¹ TS	
	3-Schnittnutzung	3-4 Weidenutzung
	n.s.	n.s.
D1=Ohne D.	25	29
D2=N	29	32
D3=P	26	31
D4=K 1	25	31
D5=K 2	24	31
D6=NK	25	33
D7=PK 1	25	33
D8=PK 2	24	32
D9=PK 3	25	32
D10=NP	30	34
D11=NPK 1	24	34
D12=NPK 2	27	36
Gesamtmittel	26	32

n.s.= nicht signifikant

4.1.4.2 Phosphorgehalt

Aufgrund der Nährstoffrückführung, des jüngeren Futters und der günstigeren botanischen Zusammensetzung bei Weidenutzung und der späten Erntetermine bei Schnittnutzung waren die P-Gehalte deutlich höher bei Weidenutzung als bei Schnittnutzung (Tabelle 26).

Die mittleren P-Gehalte im Futter variierten bei **Schnittnutzung** zwischen 3,1 und 3,9 g kg⁻¹ TS. Bei Schnittnutzung hatten die Düngungsvarianten K2, P und PK die höchsten P-Gehalte. Der Verzicht auf Düngung bei Schnittnutzung brachte niedrigere Gehalte im Vergleich zur P-Varianten. Aber aus Sicht der Tierernährung wurden die ausreichenden P-Gehalte auch bei Schnittnutzung erreicht.

Die mittleren P-Gehalte im Futter variierten bei **Weidenutzung** zwischen 3,3 und 4,0 g kg⁻¹ TS. Für die Tierernährung wären diese Gehaltswerte ausreichend. Unterschiede gab es in Abhängigkeit von der Düngung nicht. Die höchsten P-Gehalte waren bei NPK- und PK-Düngung. Der Verzicht auf Düngung senkt die P-Gehalte bei Weidenutzung im Vergleich zu den Phosphor-Varianten bis 0,5 g kg⁻¹ TS, aber die Differenz wurde statistisch nicht gesichert.

Tabelle 26: Mittlere P-Gehalte bei Schnitt- und Weidenutzung in den Jahren 2000 und 2006 (einfaktorielle Varianzanalyse, Duncan-Test, n= 144)

Düngung	P in g kg ⁻¹ TS		
	3-Schnittnutzung		3-4 Weidenutzung
	**		n.s.
D1=Ohne D.	3,5	ab	3,5
D2=N	3,4	ab	3,5
D3=P	3,9	bc	3,6
D4=K 1	3,5	bc	3,3
D5=K 2	3,9	c	3,5
D6=NK	3,1	a	3,6
D7=PK 1	3,7	bc	3,8
D8=PK 2	3,6	bc	3,8
D9=PK 3	3,8	bc	4,0
D10=NP	3,7	bc	3,8
D11=NPK 1	3,6	bc	3,9
D12=NPK 2	3,6	bc	4,0
Gesamtmittel	3,6		3,7

Unterschiedliche Buchstaben weisen auf signifikante Differenzen der Düngungsvarianten hin (n.s.= nicht signifikant; **= p<0,01)

4.1.4.3 Kaliumgehalt

Die mittleren K-Gehalte im Futter variierten zwischen 11 und 32 g kg⁻¹ TS (Tabelle 27). Für die Tierernährung wären diese Gehaltswerte zwar ausreichend, aber die Ernährung der Pflanzen ist nicht ausreichend gesichert.

Die K-Gehalte lagen bei **Schnittnutzung** im Mittel zwischen 11 und 26 g kg⁻¹ TS. Der Verzicht auf Düngung senkt die K-Gehalte bei Schnittnutzung im Vergleich zu den Kalium-Varianten bis 13 g kg⁻¹. In Bezug auf die Düngung war lediglich die Variante ohne Kalium auffallend. Sowohl bei Weidenutzung als auch bei Schnittnutzung senkt der Verzicht auf Kalium-Düngung die K-Gehalte im Vergleich zu den Kalium-Varianten um 5 bis 13 g kg⁻¹ TS. Diese Differenzen konnten statistisch gesichert werden.

Unter den Bedingungen der **Weidenutzung** waren die Pflanzenbestände ausreichend mit K versorgt. Aufgrund der Nährstoffrückführung, des jüngeren Futters und der günstigeren botanischen Zusammensetzung waren die K-Gehalte deutlich höher als bei Schnittnutzung. Im Vergleich zu der Schnittnutzung wurden bei intensiver Weidenutzung deutlich höhere K-Gehalte festgestellt. Sie lagen bei Weidenutzung im Mittel zwischen 22 und 32 g kg⁻¹ TS. Der Verzicht auf Düngung senkt die K-Gehalte bei Weidenutzung im Vergleich zu den Kalium-Varianten bis 10 g kg⁻¹ TS.

Tabelle 27: Mittlere K-Gehalte bei Schnitt- und Weidenutzung in den Jahren 2000 und 2006 (einfaktorielle Varianzanalyse, Duncan-Test, n= 144)

Düngung	K in g kg ⁻¹ TS			
	3-Schnittnutzung		3-4 Weidenutzung	
		***		***
D1=Ohne D.	12,6	a	22,0	a
D2=N	11,8	a	22,9	ab
D3=P	12,8	a	21,6	a
D4=K 1	21,9	bc	27,4	bcd
D5=K 2	25,0	cd	28,2	cd
D6=NK	20,6	b	31,6	d
D7=PK 1	24,8	cd	31,9	d
D8=PK 2	25,4	cd	30,2	d
D9=PK 3	26,3	d	28,2	cd
D10=NP	11,4	a	23,3	abc
D11=NPK 1	23,3	bcd	30,2	d
D12=NPK 2	21,3	bc	31,8	d
Gesamtmittel	19,8		27,4	

Unterschiedliche Buchstaben weisen auf signifikante Differenzen der Düngungsvarianten hin (***= p<0,001)

4.1.4.4 Rohproteingehalt

In der nachfolgenden Tabelle 28 sind die durchschnittlichen Rohproteingehalte dargestellt. Der Rohproteingehalt aller Düngungsvarianten erreichte bei Weidenutzung im Mittel 202 g kg⁻¹ TS bzw. bei Schnittnutzung 161 g kg⁻¹ TS. Die Differenz zwischen Schnitt- und Weidenutzung auf Niedermoorboden war 41 g kg⁻¹ TS. Bei Weidenutzung hat die extensive Variante (ohne Düngung) den geringsten Rohproteingehalt mit 183 g kg⁻¹ TS. Die intensiven Varianten (NPK-Düngung) hatten den höchsten Rohproteingehalt mit 226 g kg⁻¹ TS bzw. 215 g kg⁻¹ TS. Diese Werte decken sich mit denen der Literatur (s. Tabelle 6). Auch hier war eine weitestgehende Übereinstimmung mit den Literaturwerten festzustellen.

Tabelle 28: Mittlere Rohproteingehalte bei Schnitt- und Weidenutzung in den Jahren 2000 und 2006 (einfaktorielle Varianzanalyse, Duncan-Test, n= 144)

Düngung	XP in g kg ⁻¹ TS	
	3-Schnittnutzung	3-4 Weidenutzung
	n.s.	n.s.
D1=Ohne D.	154	183
D2=N	179	199
D3=P	160	196
D4=K 1	155	191
D5=K 2	151	191
D6=NK	158	207
D7=PK 1	158	205
D8=PK 2	151	197
D9=PK 3	156	201
D10=NP	189	213
D11=NPK 1	152	215
D12=NPK 2	167	226
Gesamtmittel	161	202

n.s.= nicht signifikant

4.1.4.5 Rohfasergehalt ausgewählter Varianten 2006

Es handelt sich um die Mittelwerte einer Schätzung des Rohfasergehaltes aus dem Jahr 2006 bei drei Düngungsvarianten (ohne Düngung, PK2 und NPK1). In der Tabelle 29 sind die durchschnittlichen Rohfasergehalte für die Schnitt- und Weidenutzung dargestellt. Der Rohfasergehalt aller Nutzungen lag im Mittel bei $226 \text{ g kg}^{-1} \text{ TS}$, wobei der Unterschied zwischen der Schnitt- und Weidenutzung mit $242 \text{ g kg}^{-1} \text{ TS}$ bzw. $210 \text{ g kg}^{-1} \text{ TS}$ hoch ausfiel. Sowohl bei Schnittnutzung als auch bei Weidenutzung wurden für die extensive Variante (ohne Düngung) die niedrigsten Rohfasergehalte ermittelt ($218 \text{ g kg}^{-1} \text{ TS}$ bzw. $206 \text{ g kg}^{-1} \text{ TS}$). Der Verzicht auf Düngung senkt die Rohfasergehalte im Vergleich zu den intensiven Varianten um 5 bis $20 \text{ g kg}^{-1} \text{ TS}$. Insgesamt lagen die Werte dann im Bereich der in der Literatur genannten Werte.

Tabelle 29: Mittlere Rohfasergehalte bei Schnitt- und Weidenutzung im Jahr 2006

Düngung	Aufwuchs	3-Schnittnutzung	3-4 Weidenutzung
XF $\text{g kg}^{-1} \text{ TS}$			
D1=Ohne Düngung	1. Aufwuchs	215	169
	2. Aufwuchs	205	230
	3. Aufwuchs	230	230
	4. Aufwuchs		182
Gesamt. Ohne Düngung		218	206
D8=PK2	1. Aufwuchs	236	179
	2. Aufwuchs	228	227
	3. Aufwuchs	244	228
	4. Aufwuchs		187
Gesamt. PK2		236	208
D11=NPK1	1. Aufwuchs	276	180
	2. Aufwuchs	278	240
	3. Aufwuchs	262	243
	4. Aufwuchs		188
Gesamt. NPK1		273	217
Gesamtmittel		242	210

4.1.4.6 Verdaulichkeit bzw. Enzymlöslichkeit der organischen Substanz (ELOS)

Die höchsten ELOS-Werte konnten im 1. Aufwuchs bei Weidenutzung (ohne Düngung und NPK1 89% in TM, PK2 88% in TM) ermittelt werden. Im Vergleich zu der Schnittnutzung weist das Futter bei Weidenutzung deutlich höhere Verdaulichkeiten (81 bis 83%) auf. Der Verzicht auf Düngung brachte bei Weidenutzung die niedrigsten Verdaulichkeiten mit 80,4%. Aber der Verzicht auf Düngung bei Schnittnutzung brachte die höchsten Verdaulichkeiten mit 73,7% (Tabelle 30).

Tabelle 30: Enzymlösliche organische Substanz (ELOS) bei Schnitt- und Weidenutzung im Jahr 2006

Düngung	Aufwuchs	3-Schnittnutzung	3-4 Weidenutzung
ELOS atro %			
D1=Ohne Düngung	1. Aufwuchs	74	89
	2. Aufwuchs	79	75
	3. Aufwuchs	70	78
	4. Aufwuchs		83
Gesamt. Ohne Düngung		74	81
D8=PK 2	1. Aufwuchs	74	88
	2. Aufwuchs	74	79
	3. Aufwuchs	71	80
	4. Aufwuchs		85
Gesamt. PK2		73	83
D11=NPK 1	1. Aufwuchs	65	89
	2. Aufwuchs	67	81
	3. Aufwuchs	68	76
	4. Aufwuchs		87
Gesamt. NPK1		67	83
Gesamtmittel		71	82

4.1.4.7 Energiegehalte (Metabolische Energie und Nettoenergie Laktation)

Es gibt für die Auswertung der Ergebnisse zur metabolischen Energie unterschiedliche Ansätze, von denen ich auf vier näher eingehen werde. Im Vergleich zur Schnittnutzung wies das Futter bei Weidenutzung deutlich höhere Energiegehalte auf, die im Mittel mindestens über 10,3 MJ ME kg⁻¹ TM bzw. 6,15 MJ NEL kg⁻¹ TM lagen (Tabelle 31).

Im Rahmen der geprüften Düngungsvarianten konnte gerichteter Einfluss auf Energiegehalte nachgewiesen werden. Bei Schnitt und Weidenutzung ergab der Verzicht auf Düngung bei 96% der Berechnungen den höchsten Energiegehalt. Zwischen den 4 Methoden gab es einen Unterschied.

Tabelle 31: Mittlere Energiedichten bei Schnitt- und Weidenutzung im Jahr 2006 (einfaktorielle Varianzanalyse, Duncan-Test, n =36)

Nutzung	ELOS-Silageformel		Rohnährstoffformel		EULOS-nach Friedel		EULOS-nach Weißbach	
MJ ME kg ⁻¹ TM								
3-Schnittnutzung	***		***		***		***	
D1=Ohne Düngung	10,4	c	10,5	c	9,5	c	10,4	c
D8=PK 2	10,1	b	10,2	b	9,3	b	10,2	b
D11=NPK 1	9,7	a	9,9	a	8,6	a	9,6	a
Mittel	10,0		10,2		9,2		10,1	
3-4 Weidenutzung	**		**		***		***	
D1=Ohne Düngung	10,4	b	10,8	b	10,6	a	11,3	a
D8=PK 2	10,3	b	10,7	a	10,8	b	11,4	c
D11=NPK 1	10,2	a	10,7	a	10,7	b	11,4	b
Mittel	10,3		10,8		10,7		11,4	
MJ NEL kg ⁻¹ TM								
3-Schnittnutzung	***		***		***		***	
D1=Ohne Düngung	6,20	c	6,28	c	5,59	c	6,22	c
D8=PK 2	5,96	b	6,08	b	5,46	b	6,10	b
D11=NPK 1	5,68	a	5,88	a	4,94	a	5,65	a
Mittel	5,95		6,08		5,33		5,99	
3-4 Weidenutzung	***		***		***		***	
D1=Ohne Düngung	6,22	c	6,54	b	6,34	a	6,85	a
D8=PK 2	6,16	b	6,49	a	6,51	b	6,99	b
D11=NPK 1	6,08	a	6,47	a	6,48	b	6,96	b
Mittel	6,15		6,50		6,45		6,94	

Unterschiedliche Buchstaben weisen auf signifikante Differenzen der Düngungsvarianten hin (**= p<0,01, ***= p<0,001)

Im Vergleich der Ergebnisse von 4 Methoden fallen die Energiewerte des Schnittgrases nach der Methode Friedel durch besonders niedrige Zahlen und die Energiewerte des Weidegrases nach der Methode Weißbach durch besonders hohe Zahlen auf.

4.1.4.8 Energieerträge im Vergleich von Schnitt- und Weidenutzung

Im Vergleich zur Schnittnutzung wies das Futter bei Weidenutzung deutlich höhere Energieerträge auf, die im Mittel bei Weidenutzung mindestens über 63 GJ ME ha⁻¹ Jahr⁻¹ bzw. 38 GJ NEL ha⁻¹ Jahr⁻¹ lagen (Tabelle 32). Aber bei Schnittnutzung lagen die Werte im Mittel mindestens über 54 GJ ME ha⁻¹ Jahr⁻¹ bzw. über 32 GJ NEL ha⁻¹ Jahr⁻¹. Im Mittel wurden bei NPK-Düngung höhere Werte durch Schnitterträge, ohne Düngung und mit PK höhere Werte durch Weidaufwüchse erreicht. Sowohl bei Weidenutzung als auch bei Schnittnutzung hatte der Verzicht auf Düngung niedrige Energieerträge zur Folge. Die NPK-Varianten brachten die höchsten Energieerträge. Zwischen den 4 Methoden gab es einen kleinen Unterschied.

Tabelle 32: Mittlere Energieerträge bei Schnitt- und Weidenutzung im Jahr 2006 (einfaktorielle bzw. zweifaktorielle Varianzanalyse, Duncan-Test, n =36)

	ELOS- Silageformel		Rohnährstoff- formel		EULOS- nach Friedel		EULOS- nach Weißbach	
GJ ME ha ⁻¹ Jahr ⁻¹								
Nutzung	n.s.		n.s.		*		n.s.	
Düngung	**		**		**		**	
Nutzung x Düngung	n.s.		n.s.		n.s.		n.s.	
3-Schnittnutzung	*		**		*		*	
D1=Ohne Düngung	59	a	60	a	55	a	60	a
D8=PK 2	59	a	59	a	54	a	59	a
D11=NPK 1	84	b	86	b	75	b	83	b
Mittel	67		69		61		67	
3-4 Weidenutzung	n.s.		n.s.		n.s.		n.s.	
D1=Ohne Düngung	63		66		64		68	
D8=PK 2	64		67		67		71	
D11=NPK 1	73		77		77		82	
Mittel	67		70		69		74	
GJ NEL ha ⁻¹ Jahr ⁻¹								
Nutzung	n.s.		n.s.		*		n.s.	
Düngung	**		**		**		**	
Nutzung x Düngung	n.s.		n.s.		n.s.		n.s.	
3-Schnittnutzung	*		*		*		*	
D1=Ohne Düngung	36	a	36	a	32	a	36	a
D8=PK 2	35	a	35	a	32	a	35	a
D11=NPK 1	49	b	51	b	43	b	49	b
Mittel	40		41		36		40	
3-4 Weidenutzung	n.s.		n.s.		n.s.		n.s.	
D1=Ohne Düngung	38		40		38		42	
D8=PK 2	38		40		40		43	
D11=NPK 1	44		46		46		50	
Mittel	40		42		42		45	

n.s.= nicht signifikant; *= p<0,05, **= p<0,01

4.1.5 Nährstoffentzug N, P, und K bei Schnittnutzung bzw. Nährstoffumsatz bei Weidenutzung

Hier sollen die durch den oberirdischen Pflanzenbestand gebundenen Nährstoffmengen betrachtet werden. Diese Mengen wurden bei Schnittnutzung von der Fläche entfernt, aber bei Weidenutzung wurden sie zu 80-95% wieder zurückgeführt (ANONYM 1993).

Bei Schnittnutzung traten Differenzen zwischen den Düngungsvarianten in erster Linie zwischen den gedüngten Varianten einerseits und der ungedüngten Variante andererseits auf. Diese äußerten sich vor allem in deutlich geringeren K-Gehalten bei Verzicht auf Düngung. Alle Schnittvarianten erreichten Entzüge von mehr als 160 kg N ha^{-1} , auch ohne jegliche Düngung (Tabelle 33).

Die bei **Weidenutzung** in der oberirdischen Pflanzenmasse gebundenen Nährstoffmengen waren höher als bei Schnittnutzung. Ursache waren die höheren Mineralstoffgehalte im Pflanzenmaterial als Folge der Nährstoffrückführung.

Die Differenzen zwischen den Düngungsvarianten traten weniger deutlich als zwischen den Nutzungsvarianten hervor. Sie zeigten sich vorrangig in Bezug auf die im Pflanzenmaterial gebundenen K-Mengen, die bei Verzicht auf Düngung deutlich niedriger als bei mineralischer Düngung waren. Die P-Entzugswerte variierten nicht. Bei Weidenutzung waren die N-Umsätze geringfügig höher als die N-Entzüge bei Schnittnutzung. In der Weidevariante ohne jegliche Düngung wurde der geringste N-Umsatz von 214 kg N registriert.

Tabelle 33: Mittlerer Nährstoffentzug bei Schnittnutzung bzw. Nährstoffumsatz bei Weidenutzung in den Jahren 2000 und 2006 (einfaktorielle bzw. zweifaktorielle Varianzanalyse, Duncan-Test, n =144)

zweifaktorielle Varianzanalyse		Nährstoffentzug bzw. Umsatz kg ha⁻¹					
		N		P		K	
Nutzung		*		n.s.		***	
3-Schnittnutzung		211		29		160	
3-4 Weidenutzung		236		27		200	

Düngung	n	*		**		***	
Ohne D.	12	198	ab	26	a	124	a
N	12	217	abc	25	a	125	a
P	12	189	a	24	a	113	a
K	24	213	abc	27	ab	193	b
NK	12	241	bc	28	ab	207	bc
PK	36	219	abc	29	ab	209	bc
NP	12	242	bc	28	ab	131	a
NPK	24	257	c	32	b	223	c
Nutzung x Düngung		n.s.		n.s.		***	

einfaktorielle Varianzanalyse							
3-Schnittnutzung	n	N-Entzug		P-Entzug		K-Entzug	
		n.s.		n.s.		***	
Ohne D.	6	182		25		85	a
N	6	202		24		81	a
P	6	160		24		74	a
K	12	200		30		182	b
NK	6	244		29		185	b
PK	18	215		31		209	b
NP	6	225		28		86	a
NPK	12	239		34		206	b
Gesamtmittel		211		29		160	

3-4 Weidenutzung		N-Umsatz		P-Umsatz		K-Umsatz	
		***		***		***	
Ohne D.	6	214	a	26	ab	162	a
N	6	233	ab	25	a	170	a
P	6	219	a	25	a	151	a
K	12	226	a	25	a	205	b
NK	6	239	ab	26	ab	228	bc
PK	18	223	a	27	ab	208	b
NP	6	258	bc	29	bc	176	a
NPK	12	275	c	31	c	240	c
Gesamtmittel		236		27		200	

Unterschiedliche Buchstaben weisen auf signifikante Differenzen der Düngungsvarianten hin (n.s.= nicht signifikant; * = p<0,05, ** = p<0,01, *** = p<0,001)

4.1.6 Nährstoffentzug N, P, und K bei Schnitt- und Weidenutzung

Bei **Schnittnutzung** traten Differenzen zwischen den Düngungsvarianten in erster Linie zwischen den gedüngten Varianten einerseits und der ungedüngten Variante andererseits auf. Diese äußerten sich in geringeren K-Gehalten bei Verzicht auf Düngung. Alle Schnittvarianten erreichten Entzüge von mehr als 160 kg N ha⁻¹ bzw. 24 kg P ha⁻¹ und 74 kg K ha⁻¹ auch ohne jegliche Düngung (Abbildung 13, Abbildung 14 u. Abbildung 15).

Bei **Weidenutzung** war der Nährstoffentzug geringer als bei Schnittnutzung. Ursache war die Nährstoffrückführung, bei 3-4maliger Beweidung wurde der Fläche 80-95% wieder zurückgeführt.

Bei Weidenutzung traten die Differenzen zwischen den Düngungsvarianten weniger deutlich als bei Schnittnutzung hervor. Bei Verzicht auf Düngung war der N-Entzug deutlich niedriger als bei mineralischer Düngung. Die P-Entzugswerte variierten nicht. Der Verzicht auf die K-Düngung senkt den K-Entzug im Vergleich zu den K-Varianten bis 4 kg K ha⁻¹.

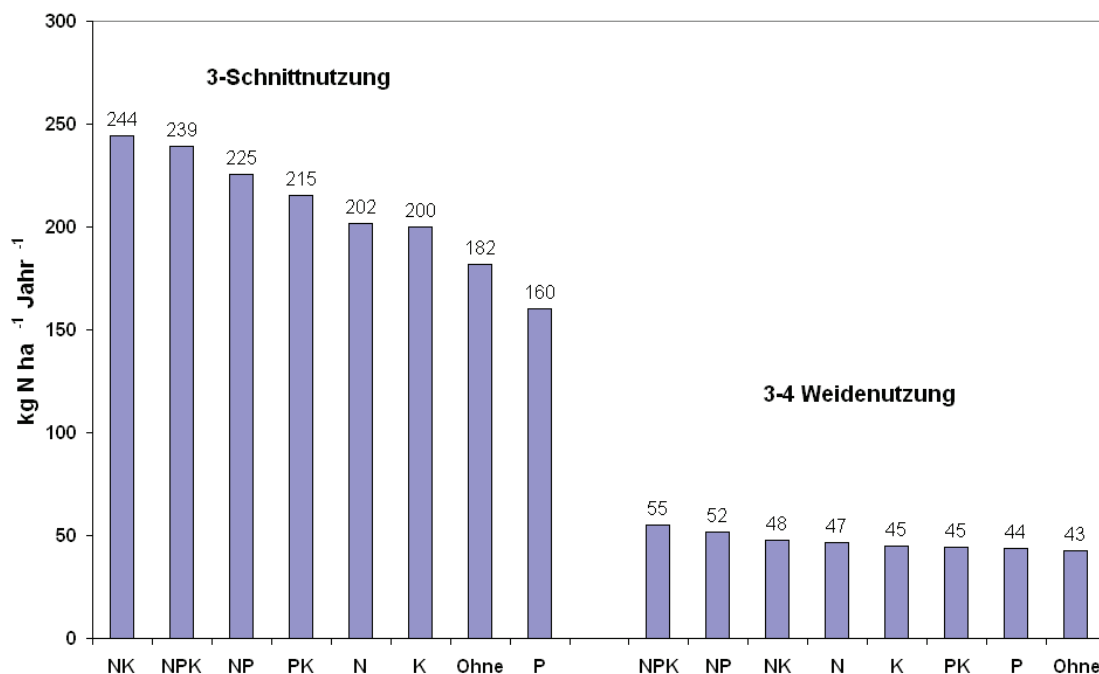


Abbildung 13: N-Entzug bei Schnitt- und Weidenutzung in den Jahren 2000 und 2006

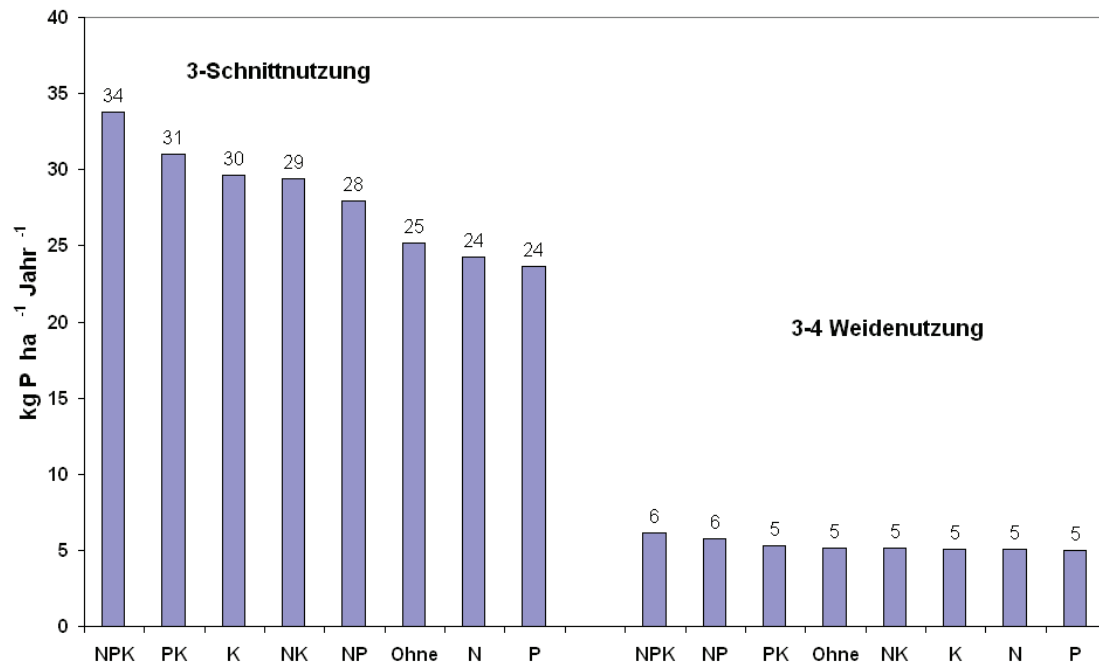


Abbildung 14: P-Entzug bei Schnitt- und Weidenutzung in den Jahren 2000 und 2006

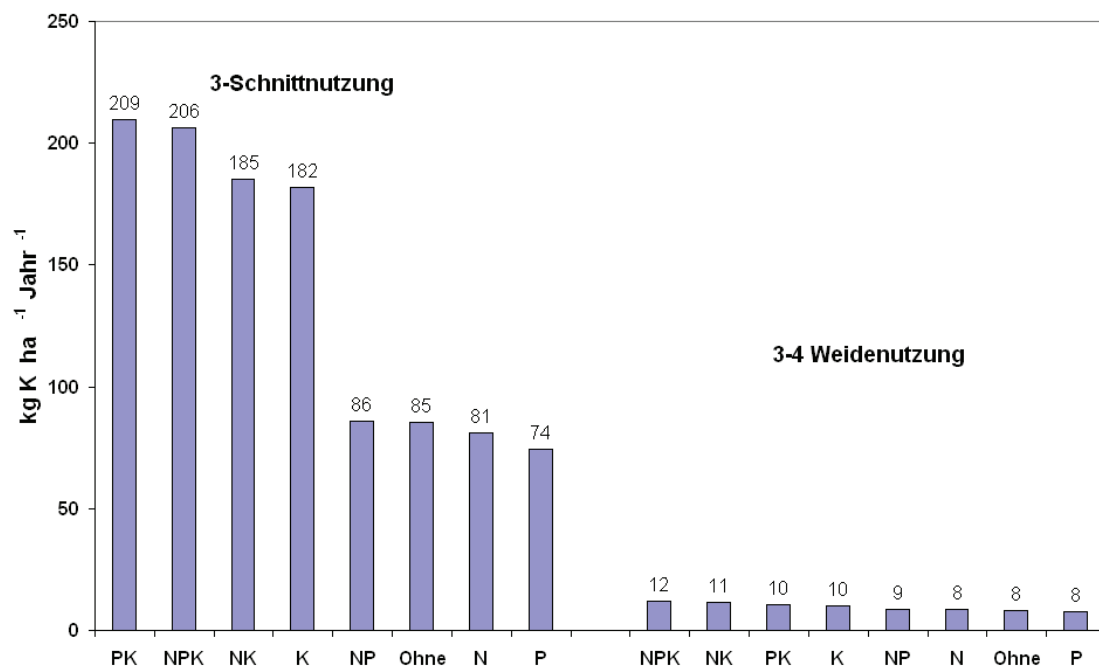


Abbildung 15: K-Entzug bei Schnitt- und Weidenutzung in den Jahren 2000 und 2006

4.2 Standort Versuchsstation Universität Rostock auf Mineralboden-grünland

Die Versuchsdurchführung auf dem ackerfähigen Mineralbodengrünland muss in Abschnitte unterteilt werden. (1. die Jahre 2001 bis 2003 mit uneingeschränkter Vergleichbarkeit zwischen Schnitt- und Weidenutzung, 2. die Jahre 2005 bis 2006 mit eingeschränkter Vergleichbarkeit zwischen Schnitt- und Weidenutzung in Folge Neuansaat der Schnittparzellen und geringfügig geänderten Düngungsvarianten). Eine ununterbrochene Jahresbetrachtung ist nur in ausgewählten Düngungsvarianten und bei Weidenutzung möglich.

4.2.1 Bodennährstoffgehalte

Es liegen Anfangsgehalte und 2-jährige, auf Varianten bezogene Bodenuntersuchungsergebnisse vor, welche in Tabelle 34, Abbildung 16 und Abbildung 17 wiedergegeben werden. Der pH-Wert war ohne Ausnahme der Versorgungsstufe C zuzuordnen, während die K_2O - und P_2O_5 -Gehalte differierten und damit die Dünger- und Exkrementwirkungen widerspiegeln. Bei den Weideparzellen erhöhte die Mg- Versorgungsstufe sich von C auf D.

Die P-Düngung führte zu einem Anstieg der P-Gehalte um eine Versorgungsstufe sowohl bei Schnitt- als auch bei Weidenutzung. Der Verzicht auf P-Düngung verringerte die Versorgungsstufe aber nicht, weder bei Schnitt- noch bei Weidenutzung. Die größten Differenzen waren nach 7-jähriger Versuchsdurchführung im K-Gehalt vorhanden, wobei der Anstieg der Gehalte in den mit Kalium gedüngten Varianten der Schnitt- und Weidenutzung erfolgte. Auf nicht mit Kalium gedüngten Parzellen verringerte sich der K-Gehalt in 7 Jahren um eine Versorgungsstufe auf C bei Schnittnutzung.

Tabelle 34: Mittlere Bodennährstoffgehalte mit Versorgungsstufen

Jahr	Nutzung	pH-Wert	Mg (mg 100 g ⁻¹ B.)	K ₂ O (mg 100 g ⁻¹ B.)		P ₂ O ₅ (mg 100 g ⁻¹ B.)	
				Mit K*	Ohne K*	Mit P*	Ohne P*
2000	Schnitt	5,6 (C)	8 (C)	27 (D)	27 (D)	15 (C)	15 (C)
2004	Schnitt	5,4 (C)	10 (C)	22 (D)	11 (C)	19 (D)	15 (C)
2006	Schnitt	5,4 (C)	9 (C)	29 (E)	8 (C)	19 (D)	15 (C)
2000	Weide	5,6 (C)	8 (C)	27 (D)	27 (D)	15 (C)	15 (C)
2004	Weide	5,5 (C)	11 (D)	47 (E)	29 (E)	24 (D)	17 (C)
2006	Weide	5,5 (C)	11 (D)	45 (E)	21 (D)	23 (D)	17 (C)

*Es wurden die Varianten (D2, D3, D4, D5, D6, D7, D9, D10) als mit K, die Varianten (D1, D2, D8) als ohne K, die Varianten (D2, D6, D7, D8, D9, D10) als mit P und die Varianten (D1, D3, D4, D5) als ohne P zusammengefasst vgl. Tabelle 11, unterschiedliche Buchstaben weisen auf Unterschiede der Versorgungsstufen hin

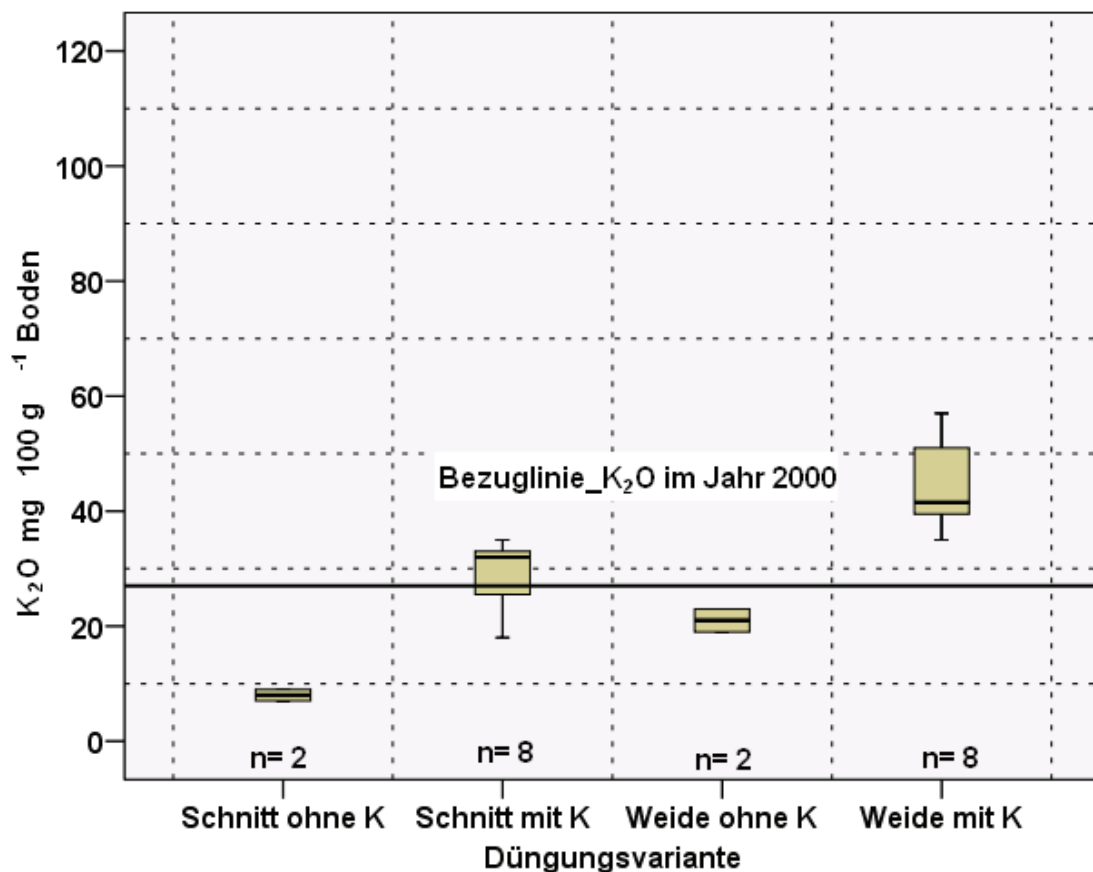


Abbildung 16: Boxplot der K₂O-Gehalte des Bodens im Jahr 2006 in Abhängigkeit von der Nutzung (Dargestellt sind Minima, Maxima, 25- und 75 %-Quantile, Mediane [Strich])

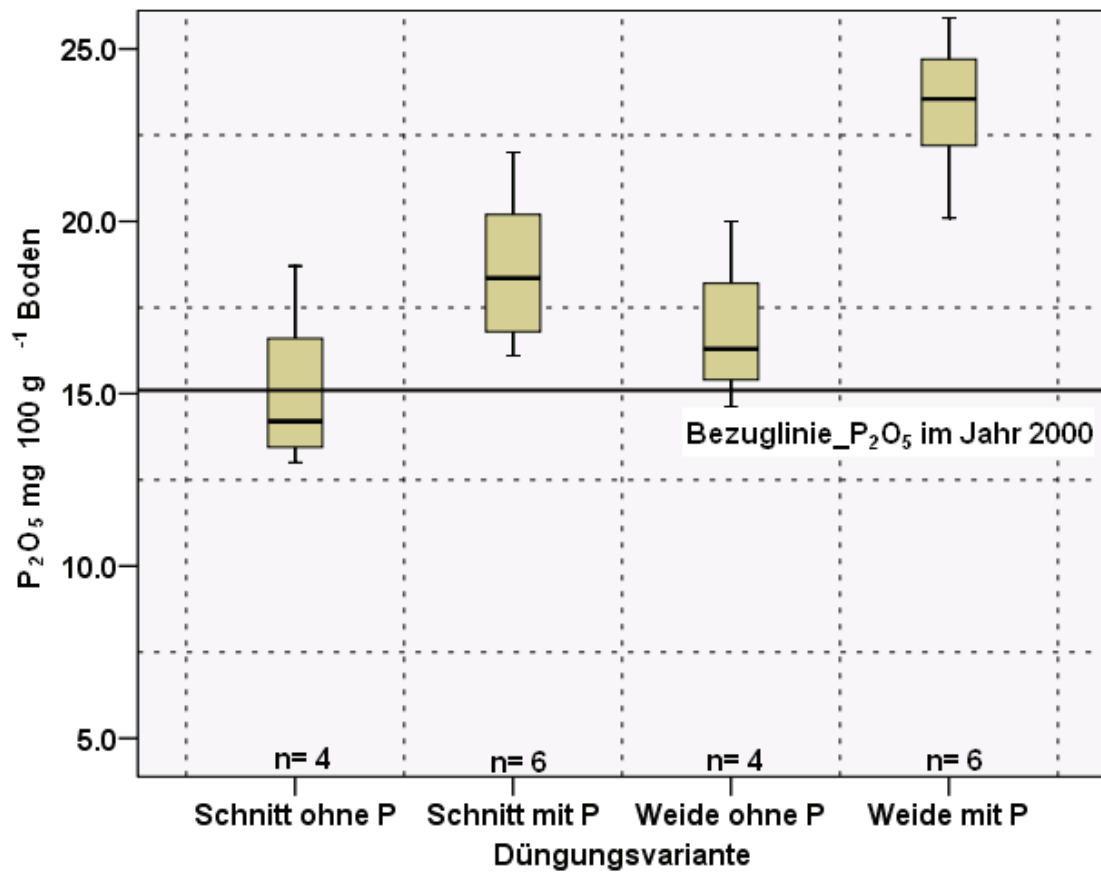


Abbildung 17: Boxplot der P_2O_5 -Gehalte des Bodens im Jahr 2006 in Abhängigkeit von der Nutzung (Dargestellt sind Minima, Maxima, 25- und 75 %-Quantile, Mediane [Strich])

4.2.2 Biodiversität der höheren Pflanzen und ökologische Kennzahlen

Es handelt sich um Ergebnisse aus dem Jahre 2006, wobei der Deckungsgrad in % nach 7-jähriger Versuchsdauer auf Mineralbodengrünland (Versuchsstation Universität Rostock) bestimmt wurde. Insgesamt wurden auf der 480 m² großen Versuchsfläche 38 Pflanzenarten gefunden, von denen 27 auf den 240 m² umfassenden Schnittflächen und 29 auf den 240 m² Weideflächen vorkamen (Tabelle 35). Das Ergebnis des Vergleiches zwischen Schnitt- und Weidenutzung ist nach Neuansaat der Schnittparzellen (2004) nach dem Trockenjahr 2003 nicht mehr eindeutig verschiedenen Ursachen zuzuordnen.

Bei Einräumung von 6 Möglichkeiten der Gruppenbildung nach einer statistischen Cluster-Methode wurde der Pflanzenbestand der 40 Parzellen (je 6 m²) bei Schnittnutzung nur in 3 Cluster (Pflanzenbestände mit ähnlicher botanischer Zusammensetzung) untergliedert, der Pflanzenbestand der 40 Parzellen (je 6 m²) bei Weidenutzung in 4 Cluster.

Die botanische Biodiversität auf dem Versuchsstandort Mineralbodengrünland in Rostock ist bei Schnittnutzung geringer als bei Weidenutzung und insgesamt stärker durch Nutzung differenziert als durch die Düngungsstufen (Abbildung 18). Seriation-Routine "Mao tau" nach COLWELL et al. (2004) beschreibt mit Hilfe des Matrix-Algorithmus der Ab- und Anwesenheit der Pflanzenarten und ihre Örtlichkeiten in den Versuchsvarianten.

Tabelle 35: Der mittlere Deckungsgrad der Pflanzenarten (%) im Jahr 2006

Deutscher Name	Botanischer Name	Schnitt	Weide	Gesamtmittel
Gräser %		53	62	58
Gemeine Quecke	<i>Elytrigia repens</i>	-	1	1
Rot Straußgras	<i>Agrostis tenuis</i>	-	1	1
Glatthafer	<i>Arrhenatherum elatius</i>	24	-	12
Weiche Trespe	<i>Bromus hordeaceus</i>	+	7	4
Knautgras	<i>Dactylis glomerata</i>	+	6	3
Echter Schaf Schwingel	<i>Festuca ovina</i>	-	1	1
Rotschwingel	<i>Festuca rubra</i>	+	-	+
Wiesenschweidel	<i>Festulolium braunii</i>	2	2	2
Bastardweidelgras	<i>Lolium hybridum</i>	-	3	2
Deutsches Weidelgras	<i>Lolium perenne</i>	24	6	15
Wiesenlieschgras	<i>Phleum pratense</i>	2		1
Gewöhnliches Rispengras	<i>Poa trivialis</i>	+	36	18
Kräuter %		8	26	17
Gemeine Schafgarbe	<i>Achillea millefolium</i>	+	1	1
Wiesen Kerbel	<i>Anthriscus sylvestris</i>	-	+	+
Beifuß	<i>Artemisia vulgaris</i>	+	+	+
Gewöhnliches Hirtentäschel	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	+	+	+
Gemeines Hornkraut	<i>Cerastium holosteoides</i>	+	+	+
Acker Kratzdistel	<i>Cirsium arvense</i>	+	+	+
Lanzett Kratzdistel	<i>Cirsium vulgare</i>	+	-	+
Weicher Storchschnabel	<i>Geranium molle</i>	+	-	+
Wiesen Bärenklau	<i>Heracleum sphondylium</i>	+	-	+
Tüpfel Hartheu	<i>Hypericum perforatum</i>	-	+	+
Stengelumfassende Taubnessel	<i>Lamium amplexicaule</i>	+	-	+
Herbst Löwenzahn	<i>Leontodon autumnalis</i>	-	+	+
Echte Kamille	<i>Matricaria recutita</i>	+	+	+
Spitz Wegerich	<i>Plantago lanceolata</i>	-	2	1
Breit Wegerich	<i>Plantago major</i>	-	+	+
krauser Ampfer	<i>Rumex crispus</i>	+	+	+
Vogelmiere	<i>Stellaria media</i>	+	-	+
Rainfarn	<i>Tanacetum vulgare</i>	+	2	1
Löwenzahn	<i>Taraxacum officinale</i>	7	20	14
Bocksbart	<i>Tragopogon pratensis</i>	-	+	+
Ackerstiefmütterchen	<i>Viola tricolor</i>	-	+	+
Leguminosen %		39	12	25
Gemeiner Hornklee	<i>Lotus corniculatus</i>	5	+	2
Luzerne	<i>Medicago sativa</i>	1	-	1
Rot Klee	<i>Trifolium pratense</i>	34	+	17
Weiß-Klee	<i>Trifolium repens</i>	-	12	6
Vogel Wicke	<i>Vicia cracca</i>	-	+	+
Summe Artenzahl		27	29	38

Pflanzenarten		3- Schnittnutzung							3-4 Weidenutzung						
		Ohne N				Mit N			Ohne N				Mit N		
Deutscher Name	Botanischer Name	oD	K	PK	NK	NP	NPK	N Org.	oD	K	PK	NK	NP	NPK	N Org.
Rotschwingel	<i>Festuca rubra</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Glatthafer	<i>Arrhenatherum elatius</i>	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Luzerne	<i>Medicago sativa</i>	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Wiesenlieschgras	<i>Phleum pratense</i>	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Gemeines Hornkraut	<i>Cerastium holosteoides</i>	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Gemeiner Hornklee	<i>Lotus corniculatus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0
Vogelmiere	<i>Stellaria media</i>	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Weicher Storchschnabel	<i>Geranium molle</i>	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Lanzett Kratzdistel	<i>Cirsium vulgare</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Rotklee	<i>Trifolium pratense</i>	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1
Stengelumfassende Taubnessel	<i>Lamium amplexicaule</i>	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0
Wiesen Bärenklau	<i>Heracleum sphondylium</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Rainfarn	<i>Tanacetum vulgare</i>	1	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1
Acker Kratzdistel	<i>Cirsium arvense</i>	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0
Deutsches Weidelgras	<i>Lolium perenne</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Knautgras	<i>Dactylis glomerata</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gewöhnliches Hirtentäschel	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Wiesenschweidel	<i>Festulolium braunii</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Löwenzahn	<i>Taraxacum officinale</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Weiche Tresse	<i>Bromus hordeaceus</i>	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Herbst Löwenzahn	<i>Leontodon autumnalis</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Echte Kamille	<i>Matricaria recutita</i>	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	0
Breit Wegerich	<i>Plantago major</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
Krauser Ampfer	<i>Rumex crispus</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
Gewöhnliches Rispengras	<i>Poa trivialis</i>	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Gemeine Schafgarbe	<i>Achillea millefolium</i>	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1
Beifuß	<i>Artemisia vulgaris</i>	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1
Echter Schaf Schwingel	<i>Festuca ovina</i>	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1
Gemeine Quecke	<i>Elytrigia repens</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	0
Rot Straußgras	<i>Agrostis tenuis</i>	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	1
Tüpfel Hartheu	<i>Hypericum perforatum</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1
Bastardweidelgras	<i>Lolium hybridum</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
Weiß-Klee	<i>Trifolium repens</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
Spitz Wegerich	<i>Plantago lanceolata</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
Bocksbart	<i>Tragopogon pratensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1
Wiesen Kerbel	<i>Anthriscus sylvestris</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0
Vogel Wicke	<i>Vicia cracca</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1
Ackerstiefmütterchen	<i>Viola tricolor</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Artenzahl		15	14	16	17	17	14	19	21	18	18	19	14	15	20

Abbildung 18: Darstellung der Präsenz der Pflanzenarten geordnet nach der Nutzung und der Düngung (Seriation) im Jahr 2006 (0= Pflanzenart ist nicht vorhanden, 1= Pflanzenart ist vorhanden). Es wurden die K-Varianten (D3, D4), PK-Varianten (D6, D7) und organische Varianten (D2, D10) zusammengefasst vgl. Tabelle 11.

Das Pflanzeninventar wurde in Abhängigkeit von der Anzahl an Aufnahme­flächen mit vier Methoden (Chao 2, Jackknife 1, Jackknife 2 und Bootstrap) geschätzt und als Kurven dargestellt (Abbildung 19). Demnach würde auch eine sehr starke Erhöhung der Anzahl an Boniturflächen kaum mehr als 43 Arten auf diesem Standort erwarten lassen. COLWELL & CODDINGTON (1994) überprüften diese Schätzfunktionen und stellten fest, dass die Methoden Chao2 und Jackknife 2 die besten sind.

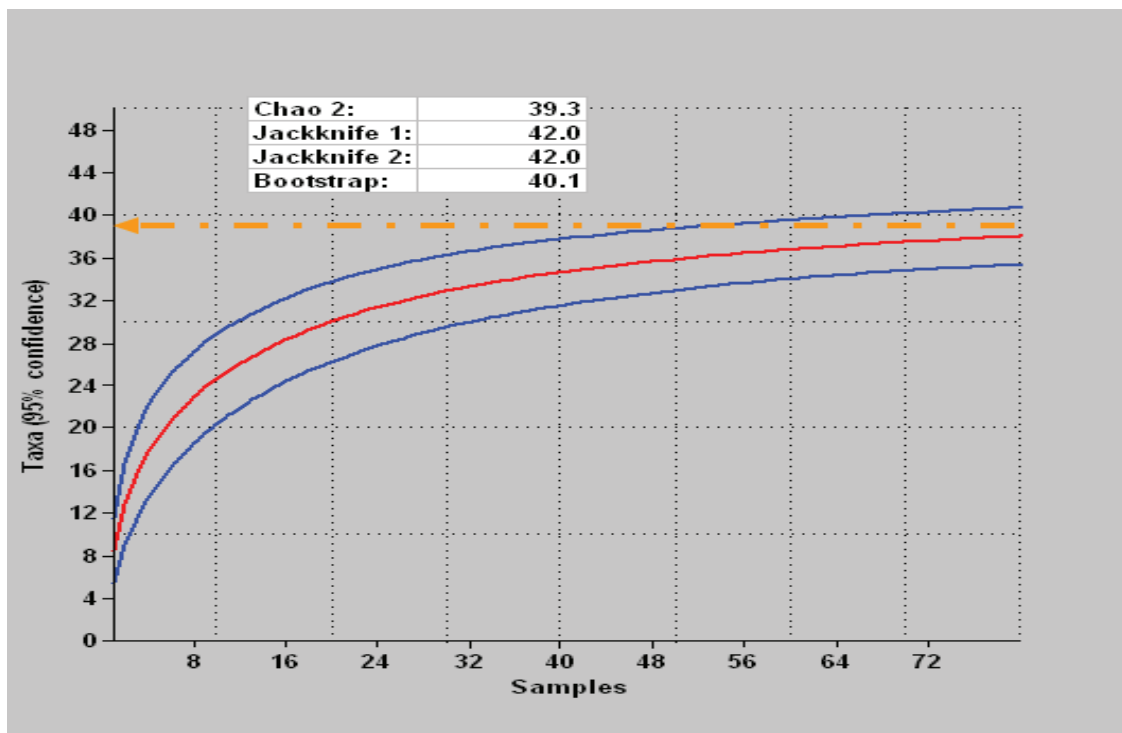


Abbildung 19: Das Artenpotential des Versuchsstandortes in Abhängigkeit von der Anzahl an Aufnahme­flächen

Bei Bezugnahme auf 6 m² Parzellengröße wurden mit dem Programm PAST Differenzen zwischen der Artenzahl und dem Shannon-Index, zwischen Schnitt- und Weidenutzung und zwischen den Düngungsstufen ermittelt. Im Vergleich mit den gedüngten Varianten brachte der Verzicht auf Düngung sowohl bei Schnittnutzung als auch bei Weidenutzung bis 2,5 Species höhere Artenzahlen (Tabelle 36).

Tabelle 36: Diversitätsvergleich von Parzellen nach Düngung und Nutzung (Bootstrapping, Endsituation 2006)

3-Schnittnutzung				3-4 Weidenutzung		
	Ohne Düngung	NPK	Sign.	Ohne Düngung	NPK	Sign.
Artenzahl	8,5	8,5	n.s.	10	7,5	*
Dominance	0,41	0,36	n.s.	0,23	0,33	*
Shannon H	1,28	1,30	n.s.	1,67	1,40	*
Evenness	0,60	0,61	n.s.	0,75	0,70	n.s.
	Ohne Düngung	PK	Sign.	Ohne Düngung	PK	Sign.
Artenzahl	8,5	8	n.s.	10	8	*
Dominance	0,41	0,30	n.s.	0,23	0,29	n.s.
Shannon H	1,28	1,46	n.s.	1,67	1,52	n.s.
Evenness	0,60	0,71	n.s.	0,75	0,74	n.s.
	Ohne Düngung	K	Sign.	Ohne Düngung	K	Sign.
Artenzahl	8,5	7,63	n.s.	10	8	*
Dominance	0,41	0,34	n.s.	0,23	0,24	n.s.
Shannon H	1,28	1,39	n.s.	1,67	1,67	n.s.
Evenness	0,60	0,69	n.s.	0,75	0,81	n.s.

n.s.= nicht signifikant; *= $p < 0,05$

Geringfügige Differenzen der Futterwertzahl, der Lichtzahl, der Temperaturzahl und der Feuchtezahl (nach KLAPP in OPITZ V. BOBERFELD 1994 und ELLENBERG 1991) zwischen Schnitt- und Weidenutzung wurden in logischen Relationen ermittelt. Bei Weidenutzung trat eine geringfügig höhere Feuchtezahl und höhere Temperaturzahl, aber etwas geringere Lichtzahlen und geringere Futterwertzahlen auf (Tabelle 37).

Tabelle 37: Futterwirtschaftliche und ökologische Kennzahlen

3-Schnittnutzung				3-4 Weidenutzung		
	Max.	Mittelwert	Min.	Max.	Mittelwert	Min.
Shannon-Index	1,9	1,4	0,7	2	1,6	1,1
Evenness	0,9	0,6	0,3	0,9	0,8	0,6
Lichtzahl	7,9	7,8	7,5	7,4	6,9	6,3
Temperaturzahl	5,3	4,1	2,5	6,7	6,2	6
Feuchtezahl	5,2	4,9	4,7	6,6	5,9	5,1
Reaktionszahl	6,9	6,5	6,1	8	5,6	3
Stickstoffzahl	6,9	6,4	5,5	6,9	6,5	5,9
Artenzahl	12	8,3	6	14	8,5	6
Futterwertzahl	7,44	6,7	6,47	6,83	5,8	2,69

Die höheren Futterwertzahlen bei Schnittnutzung basieren auf höheren Anteilen von Rotklee und (FWZ 7) und höheren Anteilen von Deutschem Weidelgras (FWZ 8). Durch N-Düngung wurden gefördert: *Capsella bursa-pastoris*, *Artemisia vulgaris*; *Lamium amplexicaule* und die Summe der Gräser; reduziert wur-

den: *Trifolium repens*; *Leontodon autumnalis*; *Elytrigia repens* und die Summe der Leguminosen. Durch P-Düngung wurden gefördert: *Taraxacum officinale*; reduziert wurden: *Plantago major*. Durch K-Düngung wurde reduziert: *Anthriscus sylvestris* und die Summe der Gräser. Eine Reduzierung der Artenzahl erfolgte durch P-Düngung und durch K-Düngung.

4.2.3 Trockenmasseerträge

Die Erträge müssen getrennt bewertet werden. Der erste Teil sind die Erträge in den Jahren 2001 bis 2003 und der zweite Teil sind die Erträge in den Jahren 2005 und 2006. Beide Prüffaktoren (Düngung und Nutzung) brachten statistisch signifikante Differenzen zwischen den Varianten in den Jahren 2001 bis 2003. Es traten auch statistisch signifikante Wechselwirkungen zwischen Nutzung, Düngung und Jahren auf (Tabelle 38 und Tabelle 39). Aber die Düngungsvarianten hatten in den Jahren 2005 und 2006 nach Neuansaat der Klee-gras-mischung keinen signifikanten Unterschied.

Tabelle 38: Statistische Signifikanz des Ertrags und Wechselwirkungen der Prüffaktoren (mehrfaktorielle Varianzanalyse)

Prüffaktoren	2001-2003	2005-2006
	dt TM ha ⁻¹	
Jahr	***	***
Nutzung	***	***
Düngung	***	n.s.
Jahr x Nutzung	***	n.s.
Jahr x Düngung	***	n.s.
Nutzung x Düngung	***	n.s.
Jahr x Nutzung x Düngung	***	n.s.

n.s.= nicht signifikant; ***= p<0,001

Der Jahresertrag zwischen 2001 bis 2003

Der durchschnittliche Jahresertrag betrug bei Schnittnutzung 62 dt TM ha⁻¹ und bei Weidenutzung 52 dt TM ha⁻¹. Bei Weidenutzung sind nur 4 Ertragsklassen (a bis d) aufgetreten, bei Schnittnutzung dagegen 5 Ertragsklassen (a bis e). Im Vergleich der Düngungsvariante zur 0- Variante (naturschutzgerecht, 48 dt TM

ha⁻¹) erreichten bei **Schnittnutzung** 5 Düngungsvarianten (NK, PK1, NP, NPK1 und NPK2) einen signifikanten Mehrertrag gegenüber der 0- Variante. Dagegen blieben die übrigen Düngungsvarianten ohne signifikanten Mehrertrag. Die Höchstertragsvariante, eine Kombination von N, P und K (KAS, TSP, 60er Kali) erreichte 82 dt TM ha⁻¹. Kainit als Alleindünger (K2) und die Vergleichsvariante (K1) mit 60er Kali erreichten fast einen ähnlichen Ertrag mit 46 dt TM ha⁻¹ bzw. 45 dt TM ha⁻¹. Von Bedeutung ist auch der Vergleich der Variante Patent-PK (59 dt TM ha⁻¹), die, wie Kainit ebenfalls im ökologischen Landbau zugelassen ist, mit der Variante Kainit (46 dt TM ha⁻¹). Der Mehrertrag des Patent-PK gegenüber Kainit betrug 13 dt TM ha⁻¹ und war signifikant.

Bei **Weidenutzung** brachten 4 Düngungsvarianten (NPK1, NPK2, NP und NK) einen signifikanten Mehrertrag gegenüber der 0- Variante (naturschutzgerecht, 48 dt TM ha⁻¹). Im Vergleich der Variante Patent-PK (50 dt TM ha⁻¹), die, wie Kainit ebenfalls im ökologischen Landbau zugelassen ist, mit der Variante Kainit (42 dt TM ha⁻¹). Der Mehrertrag des Patent-PK gegenüber Kainit war mit 8 dt TM ha⁻¹ signifikant. Die Höchstertragsvarianten, eine Kombination von N, P und K (KAS, TSP, 60er Kali) erreichte 60 dt TM ha⁻¹.

Die N-Düngung muss auf allem Mineralbodengrünland erfolgen, denn alle N-Varianten erzielten bei Schnitt- und Weidenutzung einen statistisch gesicherten Mehrertrag gegenüber der 0- Variante.

Der Jahresertrag zwischen 2005 bis 2006

Nach dem Trockenjahr 2003 wurde eine Neuansaat (Klee grasgemisch) im Jahr 2004 bei Schnittparzellen angesät. Der durchschnittliche Jahresertrag betrug bei Schnittnutzung 55 dt TM ha⁻¹ und bei Weidenutzung 34 dt TM ha⁻¹. Bei Weidenutzung sind 4 Ertragsklassen (a bis d) aufgetreten. Aber bei der Schnittnutzung trat keine statistisch signifikante Differenz zwischen den Varianten auf. Bei Weidenutzung brachten 2 Düngungsvarianten (NPK1 und NP) einen signifikanten Mehrertrag gegenüber der 0- Variante (naturschutzgerecht, 31 dt TM ha⁻¹). Die Varianten Gülle und Stallmist mit dem niedrigsten Ertragsniveau von 35 dt TM ha⁻¹ differierten signifikant von K-Kainit 28 dt TM ha⁻¹. Im Vergleich der Variante Patent-PK (34 dt TM ha⁻¹), die, wie Kainit ebenfalls im ökologischen Landbau zugelassen ist, mit der Variante Kainit (28 dt TM ha⁻¹). Der Mehrertrag des

Patent-PK gegenüber Kainit von 6 dt TM ha⁻¹ war nicht signifikant. Die Höchstertragsvarianten, eine Kombination von N, P und K (KAS, TSP, 60er Kali) und (NP, KAS, TSP) erreichten 40 dt TM ha⁻¹ bzw. 39 dt TM ha⁻¹.

Tabelle 39: Mittlere jährliche TM-Erträge bei Schnitt- und Weidenutzung (zweifaktorielle Varianzanalyse, Duncan-Test)

	2001-2003				2005-2006	
	3-Schnitt		3-4 Weide		3-Schnitt	3-4 Weide
	n=120		n=120		n=80	n=80
	dt TM ha ⁻¹					
Jahr	***		***		n.s.	***
2001	79	c	48	a		
2002	70	b	61	b		
2003	38	a	47	a		
2005					53	30
2006					57	38
Ertragsmittel	62		52		55	34

Düngung	***		***		n.s.	**
D1=Ohne Düngung	48	ab	48	b	57	31 ab
D2=P (TSP)	55	bc	50	bc		
D2=Gülle					55	35 bcd
D3=K1 (KCl: 60er Kali)	45	a	49	bc	50	31 ab
D4=K2 (Mg-Kainit)	46	a	42	a	48	28 a
D5=NK (KAS, KCl: 60er Kali)	72	d	56	d	51	34 abcd
D6=PK1 (Patent-PK)	59	c	50	bc	57	34 abcd
D7=PK2 (Thomaskali)	57	bc	49	bc	55	33 abc
D8=NP (KAS, TSP)	82	e	59	d	57	39 cd
D9=NPK1 (KAS, TSP, KCl: 60er Kali)	82	e	60	d	59	40 d
D10=NPK2 (AS, TSP, KCl: 60er Kali)	78	de	55	cd		
D10=Stallmist					58	35 bcd

Jahr x Düngung	***		n.s.		n.s.	n.s.
----------------	-----	--	------	--	------	------

Unterschiedliche Buchstaben weisen auf signifikante Differenzen der Düngungsvarianten hin (n.s.= nicht signifikant; **= p<0,01, ***= p<0,001), KAS= Kalkammonsalpeter, TSP= Tripelsuperphosphat, AS= Ammonsulfat

Bei Schnittvarianten setzte nach dem 2. Versuchsjahr eine Ertragsreduzierung bis zum Jahr 2004 ein. Erst danach stiegen die Erträge in Folge Neuansaat wieder (Abbildung 20). Die jährlichen Trockenmasseerträge nahmen nach dem 2. Versuchsjahr bei allen Weidevarianten ab (Abbildung 21).

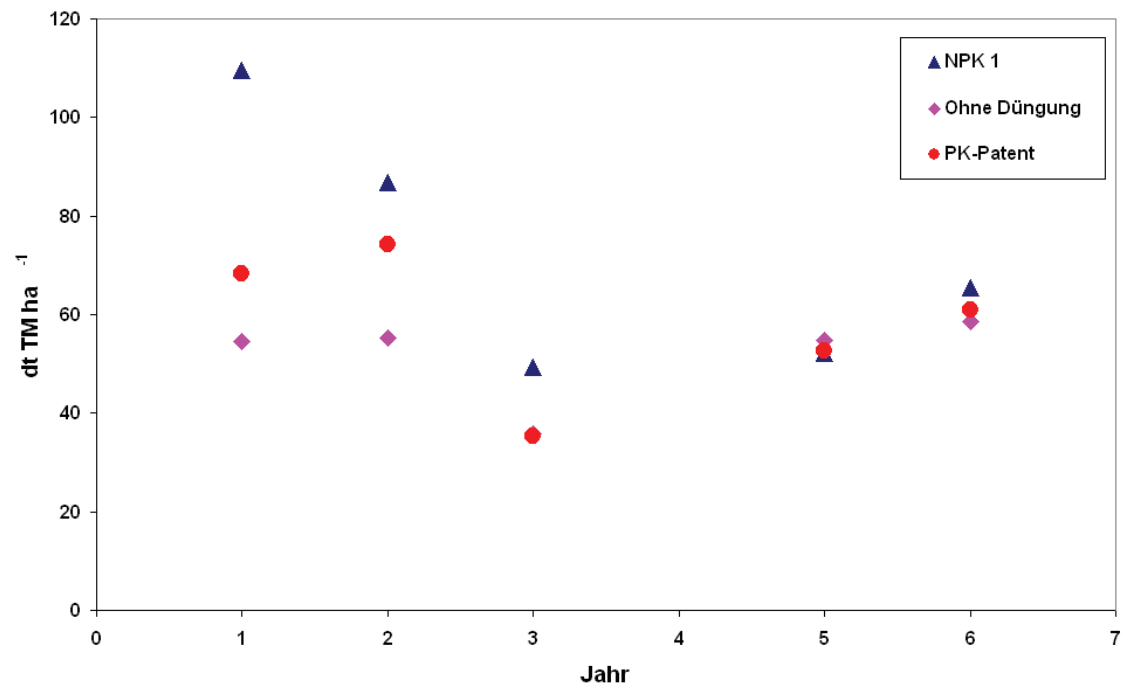


Abbildung 20: Die jährlichen TM-Erträge bei Schnittnutzung

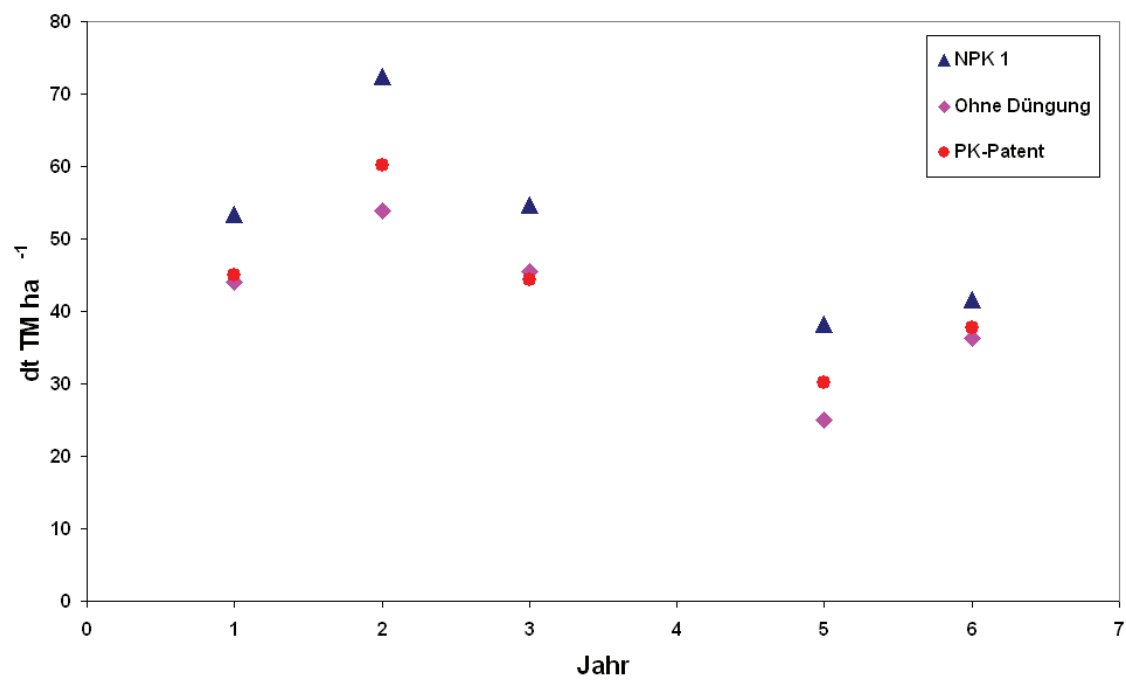


Abbildung 21: Die jährlichen TM-Erträge bei Weidenutzung

Die Gesamtwirkung der Hauptnährstoffe ist in Tabelle 40 gezeigt. Stickstoff erzielte als einzelner Nährstoff die stärkste Wirkung, Kalium dagegen die geringste Wirkung. Durch Kombination mit einem anderen Hauptnährstoff trat der bekannte Kombinationseffekt auf. Am effektivsten erwies sich auf dem Mineralbodengrünland eine NPK-Düngung.

Tabelle 40: Mittlere Mehrerträge gegenüber der 0- Variante (2001-2006)

Nährstoff		3-Schnittnutzung	3-4 Weidenutzung
			dt TM ha ⁻¹
D2=P (TSP)	(2001-2003)	3	8
D2=Gülle	(2005-2006)	3	-7
D3=K (KCl: 60er Kali)		-5	0
D4=K (Mg-Kainit)		-5	-6
D5=NK (KAS, KCl: 60er Kali)		12	5
D6=PK (Patent-PK)		6	1
D7=PK (Thomaskali)		4	0
D8=NP (KAS, TSP)		20	9
D9=NPK (KAS, TSP, KCl: 60er Kali)		21	10
D10=NPK (AS, TSP, KCl: 60er Kali)	(2001-2003)	26	13
D10=Stallmist	(2005-2006)	6	-7

KAS= Kalkammonsalpeter, TSP= Tripelsuperphosphat, AS= Ammonsulfat

4.2.3.1 Relation zwischen den Grünlanderträgen und den jährlichen Witterungsschwankungen

Die Ertragsbildung wird neben der Nährstoffversorgung vor allem von der Wasserversorgung bestimmt und unterliegt somit erheblich den jährlichen Witterungsschwankungen (Abbildung 22). Mit Hilfe eines schrittweise aufgebauten Mehrfachregressionsmodells könnten solche Effekte quantifiziert werden. Sie sind in Tabelle 41, Tabelle 42 und Tabelle 43 für den Ertrag des ersten Aufwuchses sowie für den Jahresgesamtertrag als Regressionskoeffizienten zusammengestellt. In den 5 Versuchsjahren mit unterschiedlichen Erträgen zeigte sich ein deutlicher Einfluss der Jahreswitterung auf den TM-Ertrag.

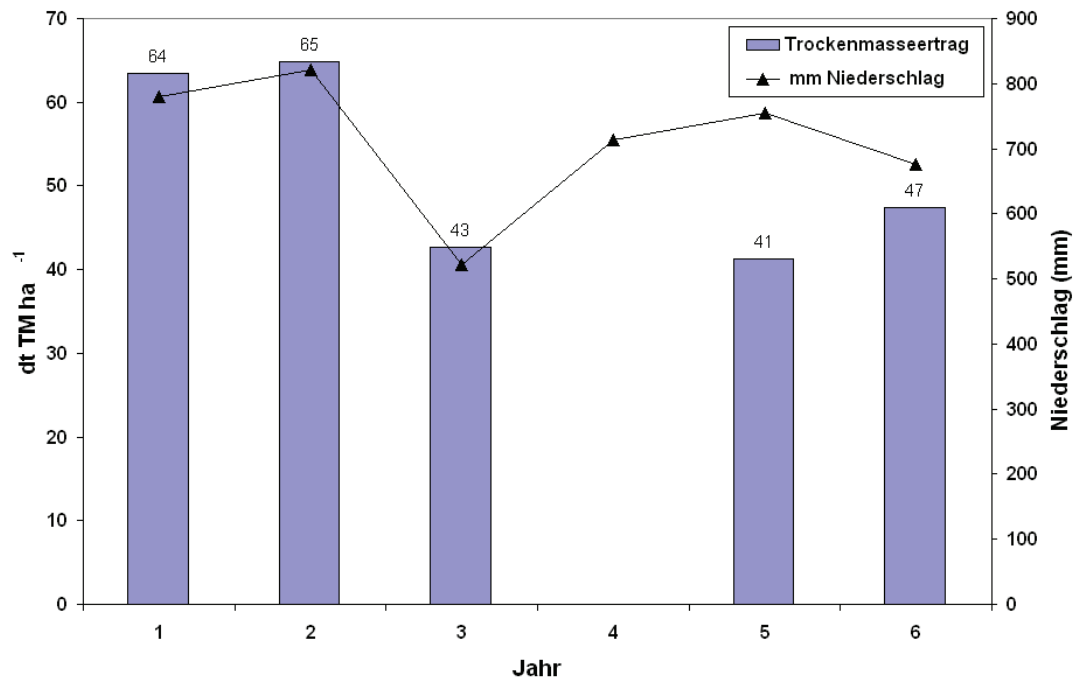


Abbildung 22: Der jährliche Trockenmasseertrag und Niederschlag

Bei der linearen Mehrfachregression betrachten wir die Beziehung zwischen einer abhängigen Variable y (Ertrag) und mehreren unabhängigen Variablen x_1 (Düngung), x_2 (Jahr), x_3 (Klimawasserbilanz), x_4 (T = Temperatur), ..., x_p .

Sowohl der Ertrag des ersten Aufwuchses als auch der Jahresgesamtertrag nahmen jährlich zwischen den Jahren 2001 bis 2003 bei Schnittvarianten um 17 dt TM ha⁻¹ bzw. 22 dt TM ha⁻¹ ab. Die Mehrfachregression zeigte, dass die Zeit (Jahr) keinen Einfluss auf den Ertrag in den Jahren 2005 und 2006 bei der Weide- und Schnittvariante hatte (Tabelle 42).

Der Einsatz der N-Düngung führt bei den Schnittparzellen zu einem deutlich höheren Ertragsanstieg im Vergleich zu den Weideparzellen. Der Einsatz der K-Düngung bringt bei den Schnitt- und Weideparzellen keinen Ertragsanstieg. In den Jahren 2001 bis 2003 brachte der Einsatz der P-Düngung bei den Schnittparzellen sowohl einen Anstieg im ersten Aufwuchs als auch eine Erhöhung des Jahresgesamtertrags um 0,11 dt TM ha⁻¹ bzw. 0,2 dt TM ha⁻¹. Zwischen 2005 und 2006 zeigte der Einsatz der P-Düngung bei den Weide- und Schnittparzellen einen Anstieg im Jahresgesamtertrag um 0,10 dt TM ha⁻¹ bzw. 0,12 dt TM ha⁻¹.

Die durchschnittlichen Klimawasserbilanz-Werte waren im April und Mai -11 mm. Sowohl bei dem Ertrag des ersten Aufwuchses als auch bei dem Jahresgesamtertrag führte die Klimawasserbilanz im April/Mai bei den Weideparzellen zu einer deutlichen Ertragsrückführung um 0,2 dt TM ha⁻¹ bzw. 0,9 dt TM ha⁻¹.

Die durchschnittliche Temperatur war im Januar und März 2 C°. Bei den durchgängigen Weidevarianten (2001-2006) führte die Temperatur im Januar/März zu einem deutlichen Ertragsanstieg im ersten Aufwuchs und auch bei dem Jahresgesamtertrag um 4,19 dt TM ha⁻¹ bzw. 1,33 dt TM ha⁻¹ (Tabelle 43).

Tabelle 41: Ergebnisse der linearen Mehrfachregression für den TM-Ertrag (2001-2003)

Einflussfaktor (i)	Faktorvariabilität			Erster Aufwuchs dt TM ha ⁻¹				Gesamtertrag dt TM ha ⁻¹				Schätzung mittlerer Effekt	
				Weide		Schnitt		Weide		Schnitt		dt ha ⁻¹ dt ha ⁻¹	
				Regression	t-Test	Regression	t-Test	Regression	t-Test	Regression	t-Test		
	Min.	Max.	Mittel.	b(i)	t(i)	b(i)	t(i)	b(i)	t(i)	b(i)	t(i)	Weide	Schnitt
Konstante dt TM ha ⁻¹				11	9	61	32	51	66	104	18	54	68
N	0	150	75	0,03	4,8	0,07	8	0,1	7,3	0,2	10	5	13
P	0	60	30			0,11	3			0,2	4		7
K	0	150	75										
Jahr	1	3	2	3	5	-17	-22			-23	-14		-45
KWB_Januar_März	10	41	25										
KWB_April_Mai	-9	7	-1	0,2	2			0,9	9,9			-1	
KWB_Juni_Juli	-29	-8	-19							0,6	3,8		-11
KWB_August_September	4	87	45										
T_Januar_März	0	4	2										
T_April_Mai	10	11	10										
T_Juni_Juli	15	18	17										
T_August_September	15	17	17										
Bestimmtheitsmaß der Regression				0,31		0,83		0,56		0,726			
Standardfehler der Regression				4,911		6,98		6,9		13,97			
n				120		120		120		120			

Jahr: t=0 bei 2000; KWB= Klimawasserbilanz (mm); T= Temperatur (C°); b(i) =signifikante (p<0,05) Regressionskoeffizienten des Einflussfaktors (i)

Tabelle 42: Ergebnisse der linearen Mehrfachregression für den TM-Ertrag (2005-2006)

Einflußfaktor (i)	Faktorvariabilität			Erster Aufwuchs dt TM ha ⁻¹				Gesamtertrag dt TM ha ⁻¹				Schätzung mittlerer Effekt	
				Weide		Schnitt		Weide		Schnitt		dt ha ⁻¹ dt ha ⁻¹	
				Regression	t-Test	Regression	t-Test	Regression	t-Test	Regression	t-Test		
				b(i)	t(i)	b(i)	t(i)	b(i)	t(i)	b(i)	t(i)	Weide	Schnitt
Konstante dt TM ha ⁻¹				12	23	24,1	20,3	44	17	52	27	32,6	55,7
N	0	150	75	0,02	3,4	0,03	2,45	0,03	3,83			2,5	
P	0	60	30					0,10	3,22	0,12	1,75	3,0	3,5
K	0	150	75										
Jahr	1	7	4										
KWB_Januar_März	34	38	36										
KWB_April_Mai	-22	-13	-17					0,85	6,36			-14,7	
KWB_Juni_Juli	-48	-11	-30										
KWB_August_September	13	43	28										
T_Januar_März	-1	1	0	4,02	11,8								
T_April_Mai	10	10	10										
T_Juni_Juli	16	18	17										
T_August_September	15	17	16										
Bestimmtheitsmaß der Regression				0,66		0,07		0,495		0,38			
Standardfehler der Regression				3,46		7,71		5,486		12,08			
n				80		80		80		80			

Jahr: t=0 bei 2005; KWB= Klimawasserbilanz (mm); T= Temperatur (C°); b(i) =signifikante (p<0,05) Regressionskoeffizienten des Einflussfaktors (i)

Tabelle 43: Ergebnisse der linearen Mehrfachregression des TM-Ertrags für die durchgängigen Weidevarianten (2001-2006)

				Erster Aufwuchs dt TM ha ⁻¹		Gesamtertrag dt TM ha ⁻¹		Schätzung mittlerer Effekt dt ha ⁻¹
Einflußfaktor (i)	Faktorvariabilität			Weide		Weide		
				Regression	t-Test	Regression	t-Test	
	Min.	Max.	Mittel.	b(i)	t(i)	b(i)	t(i)	
Konstante dt TM ha ⁻¹				16	14	53	31	49,2
N	0	150	75	0,03	6,48	0,06	8,44	4,3
P	0	60	30			0,08	3,17	2,3
K	0	150	75					
Jahr	1	7	4	0,82	2,68			
KWB_Januar_März	10	41	25	-0,35	-8,51	-0,23	-4,56	-5,8
KWB_April_Mai	-22	7	-7	-0,22	-4,16	0,93	12,73	-6,9
KWB_Juni_Juli	-48	-8	-28					
KWB_August_September	4	87	45					
T_Januar_März	-1	4	1	4,19	10,79	1,33	2,78	1,8
T_April_Mai	10	11	10					
T_Juni_Juli	15	18	17					
T_August_September	15	17	16					
Bestimmtheitsmaß der Regression				0,56		0,77		
Standardfehler der Regression				4,20		6,24		
n				160		160		

Jahr: t=0 bei 2000; KWB= Klimawasserbilanz (mm); T= Temperatur (C°); b(i) =signifikante (p<0,05) Regressionskoeffizienten des Einflussfaktors (i)

4.2.3.2 Erntewürdigkeit der Aufwüchse

Die höchsten Aufwüchse bei Schnittnutzung mit 25 bis 28 cm waren bei den Parzellen, die mit Stallmist, Gülle und NPK gedüngt wurden. Aber die geringsten Wuchshöhen mit 17 cm wurden bei der Düngungsvariante Kalium und Phosphor ermittelt (Tabelle 44).

Die geringsten Aufwüchse wurden in den Parzellen gemessen, die überhaupt nicht oder nur mit Kalium gedüngt wurden. Mg-Kainit als alleiniges Düngemittel (im ökologischen Landbau zugelassen) reduzierte die Aufwuchshöhe besonders, aber nicht signifikant verschieden.

Tabelle 44: Mittlere Wuchshöhe in Abhängigkeit von einzelnen Aufwüchsen bei Schnitt- und Weidenutzung (einfaktorielle Varianzanalyse, Duncan-Test)

	1. Aufwuchs		2. Aufwuchs		3. Aufwuchs		4. Aufwuchs	
	Wuchshöhe (cm)							
3- Schnittnutzung	n= 160		n= 160		n= 160			
	**		*		*			
D1=Ohne Düngung	30	ab	19	abc	14	abc		
D2=P (TSP)	32	abc	14	a	8	a		
D2=Gülle	33	abc	26	cd	18	cd		
D3=K1 (60er Kali)	30	ab	20	abc	14	abc		
D4=K2 (Mg-Kainit)	26	a	18	ab	10	ab		
D5=NK (KAS, 60er Kali)	36	bc	21	bcd	13	abc		
D6=PK1 (Patent-PK)	31	ab	21	bcd	13	abc		
D7=PK2 (Thomaskali)	33	abc	24	bcd	13	abc		
D8=NP (KAS, TSP)	38	bc	22	bcd	13	abc		
D9=NPK (KAS, TSP, 60er Kali)	41	c	21	bcd	15	bcd		
D10=NPK (AS, TSP, 60er Kali)	33	abc	20	abc	10	ab		
D10=Stallmist	38	bc	27	d	20	d		

3-4 Weidenutzung	n= 200		n= 200		n= 200		n= 80	
	*		**		n.s.		n.s.	
D1=Ohne Düngung	20	abc	14	abcd	12		10	
D2=P (TSP)	25	abc	16	cde	12		14	
D2=Gülle	18	ab	12	abc	13		11	
D3=K (60er Kali)	21	abc	13	abcd	12		10	
D4=K (Mg-Kainit)	17	a	12	ab	11		8	
D5=NK (KAS, 60er Kali)	25	abc	16	bcde	13		11	
D6=PK (Patent-PK)	20	abc	14	abcd	13		10	
D7=PK (Thomaskali)	20	abc	13	abcd	13		10	
D8=NP (KAS, TSP)	26	bc	16	cde	14		11	
D9=NPK (KAS, TSP, 60er Kali)	27	c	17	de	15		11	
D10=NPK (AS, TSP, 60er Kali)	26	bc	18	e	14		14	
D10=Stallmist	18	ab	11	a	13		10	

Unterschiedliche Buchstaben weisen auf signifikante Differenzen der Düngungsvarianten hin (n.s.= nicht signifikant; *= $p < 0,05$, **= $p < 0,01$), KAS= Kalkammonsalpeter, TSP= Tripelsuperphosphat, AS= Ammonsulfat

Setzt man die Grenze der Schnittwürdigkeit auf 20 bis >25 dt TM ha⁻¹ fest, so waren die ersten Aufwüchse aller Düngungsvarianten, auch ohne Düngung, schnittwürdig, während die Varianten des 2. Aufwuchses in Abhängigkeit von der Düngung sich im Grenzbereich der Schnittwürdigkeit befanden (Tabelle 45 u. Tabelle 46) und die 3. Aufwüchse mit Ausnahme der Variante mit NPK-Düngung nicht mehr lohnten.

Tabelle 45: Mittlere TM-Erträge in Abhängigkeit von einzelnen Aufwüchsen bei Schnittnutzung (zweifaktorielle Varianzanalyse, Duncan-Test, 2001-2006)

	1. Aufwuchs		2. Aufwuchs		3. Aufwuchs	
			dt TM ha ⁻¹			
	n= 199		n= 199		n= 199	
Jahr	***		***		***	
2001	50	d	12	a	18	c
2002	32	c	22	c	16	bc
2003	15	a	15	b	14	b
2005	27	b	16	b	10	a
2006	25	b	17	b	15	b

Düngung	***		***		***	
D1=Ohne Düngung	27	abc	13	a	13	a
D2=P (TSP)	31	bcd	14	a	14	ab
D2=Gülle	26	ab	17	ab	12	a
D3=K (KCl: 60er Kali)	22	a	14	a	11	a
D4=K (Mg-Kainit)	23	a	14	a	11	a
D5=NK (KAS, KCl: 60er Kali)	32	cde	17	ab	15	abc
D6=PK (Patent-PK)	29	bc	17	ab	13	ab
D7=PK (Thomaskali)	28	abc	15	ab	14	ab
D8=NP (KAS, TSP)	36	de	19	bc	18	cd
D9=NPK (KAS, TSP, KCl: 60er Kali)	37	e	19	bc	18	bcd
D10=NPK (AS, TSP, KCl: 60er Kali)	36	de	22	c	21	d
D10=Stallmist	27	abc	16	ab	14	abc

Jahr x Düngung	*		***		***	
----------------	---	--	-----	--	-----	--

Unterschiedliche Buchstaben weisen auf signifikante Differenzen der Düngungsvarianten hin (*= p<0,05, ***= p<0,001), KAS= Kalkammonsalpeter, TSP= Tripelsuperphosphat, AS= Ammonsulfat

An die Weidewürdigkeit werden geringere Anforderungen gestellt. 8 bis 20 dt TM ha⁻¹ wurden in allen Weideaufwüchsen, auch bei Verzicht auf jegliche Düngung erreicht und überboten. Die Trockenmasseerträge der einzelnen Aufwüchse unterschieden sich im Falle aller Nutzungsvarianten signifikant nach dem Düngungsniveau (Tabelle 46). Während sich die den Düngungsvarianten entsprechenden Wuchshöhen (Tabelle 45) nicht in jedem Falle signifikant unterschieden.

Tabelle 46: Mittlere TM-Erträge in Abhängigkeit von einzelnen Aufwüchsen bei Weidenutzung (zweifaktorielle Varianzanalyse, Duncan-Test, 2001-2006)

	1. Aufwuchs		2. Aufwuchs		3. Aufwuchs		4. Aufwuchs	
	dt TM ha ⁻¹							
	n= 201		n= 201		n= 201		n= 80	
Jahr	***		***		***		***	
2001	15	b	17	e	16	c		
2002	20	c	15	d	7	a	18	
2003	20	c	10	c	16	c		
2005	18	c	5	a	6	a		
2006	9	a	9	b	12	b	8	
Düngung	***		***		***		*	
D1=Ohne Düngung	15	ab	10	bc	10	ab	12	abc
D2=P (TSP)	18	bc	13	e	12	bcd	15	cd
D2=Gülle	13	a	8	a	9	a	10	ab
D3=K (KCl: 60er Kali)	16	ab	11	bc	10	ab	12	abc
D4=K (Mg-Kainit)	13	a	10	b	9	a	9	a
D5=NK (KAS, KCl: 60er Kali)	18	bc	12	cde	12	bcd	14	bc
D6=PK (Patent-PK)	16	ab	11	bcd	11	abc	14	cd
D7=PK (Thomaskali)	15	ab	11	bcd	11	abc	13	abc
D8=NP (KAS, TSP)	20	c	12	de	13	d	14	cd
D9=NPK (KAS, TSP, KCl: 60er Kali)	20	c	13	e	13	cd	14	cd
D10=NPK (AS, TSP, KCl: 60er Kali)	20	c	16	f	13	d	18	d
D10=Stallmist	14	a	8	a	9	a	9	a
Jahr x Düngung	n.s.		*		n.s.		n.s.	

Unterschiedliche Buchstaben weisen auf signifikante Differenzen der Düngungsvarianten hin (n.s.= nicht signifikant; *= p<0,05, ***= p<0,001), KAS= Kalkammonsalpeter, TSP= Tripelsuperphosphat, AS= Ammonsulfat

4.2.4 Ausgewählte futterwirtschaftliche Parameter

Es handelt sich um Mittelwerte aus 2 Jahren (2002 und 2006)

4.2.4.1 Stickstoffgehalt

Die N-Gehalte lagen bei **Schnittnutzung** im Mittel zwischen 16 und 23 g kg⁻¹ TS. Der Verzicht auf Düngung brachte keine Senkung in dem N-Gehalt bei Schnittnutzung im Vergleich zu den gedüngten Varianten (Tabelle 47). Die Varianten Stallmist und Gülle hatten mit 23 bzw. 22 g kg⁻¹ TS die höchsten N-Gehalte in 2006. Nach der Neuansaat der Kleegrasmischung ist der N-Gehalt im Pflanzenmaterial von 2002 bis 2006 gestiegen.

Aufgrund der Nährstoffrückführung, des jüngeren Futters und der günstigeren botanischen Zusammensetzung bei **Weidenutzung** waren die N-Gehalte im Jahr 2002 bis 10 g kg⁻¹ TS höher als bei Schnittnutzung. Aber im Jahr 2006 wurde aufgrund der Neuansaat der Kleegrasmischung im Jahr 2004 auf den Schnittparzellen bei den Weideparzellen im Mittel 2 bis 6 g kg⁻¹ TS mehr Stickstoff im Pflanzenmaterial als bei den Schnittparzellen gemessen. Die N-Gehalte lagen bei Weidenutzung im Mittel zwischen 22 und 26 g kg⁻¹ TS. Der Verzicht auf Düngung senkte die N-Gehalte bei Weidenutzung im Vergleich zu den gedüngten Varianten aber nicht.

Tabelle 47: Mittlere N-Gehalte bei Schnitt- und Weidenutzung in den Jahren 2002 und 2006 (einfaktorielle Varianzanalyse, Duncan-Test, p<0,05)

Düngung	3-Schnittnutzung			3-4 Weidenutzung		
	N in g kg ⁻¹ TS			N in g kg ⁻¹ TS		
	2002 (n=40)	2006 (n=40)	Mittel	2002 (n=40)	2006 (n=40)	Mittel
	*	***		n.s.	***	
D1=Ohne Düngung	20	b	22,4 fg	21	26	26 e
D2=P (TSP)	20	b		20	24	24
D2=Gülle			21,7 de	22		22 a
D3=K (KCl: 60er Kali)	20	b	22,1 ef	21	24	24 d
D4=K (Mg-Kainit)	20	b	20,8 c	20	25	26 e
D5=NK (KAS, KCl: 60er Kali)	17	ab	20,4 c	19	25	23 b
D6=PK (Patent-PK)	20	b	21,5 d	21	25	26 e
D7=PK (Thomaskali)	20	b	22,8 gh	21	26	27 f
D8=NP (KAS, TSP)	18	ab	18,4 a	18	26	24 d
D9=NPK (KAS, TSP, KCl: 60er Kali)	17	ab	19,6 b	19	27	23 bc
D10=NPK (AS, TSP, KCl: 60er Kali)	16	a		16	26	26
D10=Stallmist			23,3 h	23		24 cd
Gesamtmittel	19	21	20	25	24	25

Unterschiedliche Buchstaben weisen auf signifikante Differenzen der Düngungsvarianten hin (n.s.= nicht signifikant; *= p<0,05, ***= p<0,001)

4.2.4.2 Phosphorgehalt

Sowohl bei Schnittnutzung als auch bei Weidenutzung gab es keine signifikanten Unterschiede im Jahr 2002 in Abhängigkeit von der Düngung, wobei die höchsten Gehalte bei der P-Variante (TSP) gefunden wurden (Tabelle 48).

Die P-Gehalte waren im Jahr 2002 deutlich höher als im Jahr 2006. Der Verzicht auf Düngung brachte im Jahr 2002 keine Senkung der P-Gehalte bei Schnitt- und Weidenutzung im Vergleich zu den P-Varianten. Die mittleren P-Gehalte im Futter variierten bei **Schnittnutzung** im Jahr 2006 zwischen 2,7 und 3,1 g kg⁻¹ TS. Bei Schnittnutzung hatten die NPK- und NP-Düngungsvarianten die höchsten P-Gehalte. Der Verzicht auf Düngung bei Schnittnutzung brachte niedrige Gehalte im Vergleich zur P-Variante. Aber aus der Sicht der Tierernährung wurden ausreichende P-Gehalte bei Schnittnutzung nicht immer erreicht.

Die mittleren P-Gehalte im Futter variierten bei **Weidenutzung** im 2006 zwischen 4,2 und 4,5 g kg⁻¹ TS. Für die Tierernährung wären diese Gehaltswerte grundsätzlich ausreichend. Es gab einen Unterschied in Abhängigkeit von der Düngung. Der höchste P-Gehalt war in der Düngungsvariante K (Mg-Kainit). Der Verzicht auf Düngung senkt die P-Gehalte bei Weidenutzung im Vergleich zu den P-Varianten bis 0,2 g kg⁻¹ TS. Der Differenz wurde aber statistisch nicht gesichert.

Tabelle 48: Mittlere P-Gehalte bei Schnitt- und Weidenutzung in den Jahren 2002 und 2006 (einfaktorielle Varianzanalyse, Duncan- Test)

2002 und 2006 (Dünkartikel: Vardanzan, 50, Dürean, 100)							
Düngung	3 Schnittnutzung			3-4 Weidenutzung			
	P in g kg ⁻¹ TS						
	2002 (n=40)	2006 (n=40)	Mittel	2002 (n=40)	2006 (n=40)	Mittel	
	n.s.	***		n.s.	***		
D1=Ohne Düngung	4,4	2,8 ab	3,6	4,4	4,2 ab	4,3	
D2=P (TSP)	4,5		4,5	4,6		4,6	
D2=Gülle		2,9 bcd	2,9		4,2 a	4,2	
D3=K (KCl: 60er Kali)	4,2	2,8 ab	3,5	4,5	4,2 ab	4,4	
D4=K (Mg-Kainit)	4,0	2,7 a	3,4	4,6	4,5 d	4,5	
D5=NK (KAS, KCl: 60er Kali)	3,5	2,8 ab	3,2	4,1	4,4 cd	4,3	
D6=PK (Patent-PK)	4,0	2,7 a	3,4	4,3	4,4 cd	4,4	
D7=PK (Thomaskali)	4,1	3,0 cde	3,6	4,5	4,3 bc	4,4	
D8=NP (KAS, TSP)	3,6	3,1 de	3,3	4,3	4,2 ab	4,3	
D9=NPK (KAS, TSP, KCl: 60er Kali)	3,9	3,1 e	3,5	4,2	4,3 bc	4,3	
D10=NPK (AS, TSP, KCl: 60er Kali)	3,7		3,7	4,1		4,1	
D10=Stallmist		2,9 bc	2,9		4,2 a	4,2	
Gesamtmittel	4,0	2,9	3,4	4,4	4,3	4,3	

Unterschiedliche Buchstaben weisen auf signifikante Differenzen der Düngungsvarianten hin (n.s.= nicht signifikant; * = p<0,05, *** = p<0,001)

4.2.4.3 Kaliumgehalt

Der Ertragsrückgang in den Jahren von 2002 bis 2006 geht mit einer Abnahme des K-Gehaltes im Pflanzenbestand einher. Die mittleren K-Gehalte im Futter variierten zwischen 20 und 44 g kg⁻¹ TS (Tabelle 49). Die K-Gehalte lagen bei **Schnittnutzung** im Mittel zwischen 23 und 32 g kg⁻¹ TS. Die K-Varianten hatten in den beiden Jahren 2002 und 2006 die höchsten K-Gehalte. Sowohl im Jahr 2002 als auch 2006 senkte der Verzicht auf K-Düngung die K-Gehalte im Vergleich zu den K-Varianten. Diese Differenzen konnten statistisch im Jahr 2006 gesichert werden. Unter den Bedingungen der **Weidenutzung** waren die Pflanzenbestände in den Jahren 2002 und 2006 ausreichend mit K versorgt. Aufgrund der Nährstoffrückführung, des jüngeren Futters und der günstigeren botanischen Zusammensetzung waren die K-Gehalte im Jahr 2002 um 10 g kg⁻¹ TS höher als bei Schnittnutzung. Aber im Jahr 2006 wurde die Differenz in den K-Gehalten nach Neuansaat der Kleeegrasmischung im Jahr 2004 bei den Schnittparzellen um 7 g kg⁻¹ TS reduziert. Im Vergleich zu der Schnittnutzung wurden bei intensiver Weidenutzung im Jahr 2002 deutlich höhere K-Gehalte festgestellt. Sie lagen bei Weidenutzung im Mittel zwischen 30 und 42 g kg⁻¹ TS. Der Verzicht auf Düngung senkt die K-Gehalte in 2002 bei Weidenutzung im Vergleich zu den K-Varianten aber nicht. Aber der Verzicht auf Düngung brachte in 2006 bei Weidenutzung im Vergleich zu den K-Varianten bis 7 g kg⁻¹ TS weniger und dieser Unterschied wurde statistisch gesichert.

Tabelle 49: Mittlere K-Gehalte bei Schnitt- und Weidenutzung in den Jahren 2002 und 2006 (einfaktorielle Varianzanalyse, Duncan-Test, n=40)

Düngung	3 Schnittnutzung				3-4 Weidenutzung			
	K in g kg ⁻¹ TS							
	2002	2006	Mittel	2002	2006	Mittel		
	*	***		n.s.	***			
D1=Ohne Düngung	32 ab	20 a	26	42	29 a	35		
D2=P (TSP)	29 ab		29	42		42		
D2=Gülle		24 c	24		30 a	30		
D3=K (KCl: 60er Kali)	37 b	27 g	32	42	32 c	37		
D4=K (Mg-Kainit)	35 b	24 cd	30	43	36 f	39		
D5=NK (KAS, KCl: 60er Kali)	32 ab	26 ef	29	44	31 b	37		
D6=PK (Patent-PK)	35 b	26 fg	31	43	34 d	39		
D7=PK (Thomaskali)	36 b	25 de	31	42	35 ef	38		
D8=NP (KAS, TSP)	25 a	21 b	23	38	29 a	34		
D9=NPK (KAS, TSP, KCl: 60er Kali)	31 ab	26 fg	29	42	32 bc	37		
D10=NPK (AS, TSP, KCl: 60er Kali)	29 ab		29	42		42		
D10=Stallmist		27 g	27		35 de	35		
Gesamtmittel	32	25	28	42	32	37		

4.2.4.4 Rohproteingehalt

Der Rohproteingehalt aller Düngungsvarianten erreichte bei Weidenutzung im Mittel 155 g kg^{-1} TS bzw. bei Schnittnutzung 126 g kg^{-1} TS (Tabelle 50). Die Differenz zwischen Schnitt- und Weidenutzung auf Mineralboden war 26 g kg^{-1} TS. Bei Weidenutzung hat die extensive Variante (ohne Düngung) hohen Rohproteingehalt mit 161 g kg^{-1} TS. Die Variante (Stallmist) hatte in 2006 bei Schnittnutzung den höchsten Rohproteingehalt mit 145 g kg^{-1} TS. Die intensiven Varianten (NPK, NP) hatten bei Schnittnutzung weniger Rohproteingehalte als die extensiven Varianten (ohne Düngung) in den Jahren 2002 und 2006.

Tabelle 50: Mittlere Rohproteingehalte bei Schnitt- und Weidenutzung in 2002 und 2006 (einfaktorielle Varianzanalyse, Duncan-Test)

Düngung	3-Schnittnutzung				3-4 Weidenutzung				
	XP in g kg ⁻¹ TS								
	2002 (n=40)		2006 (n=40)		2002 (n=40)		2006 (n=40)		
	*		***	Mittel		n.s.	***	Mittel	
D1=Ohne Düngung	125	b	140	fg	132	160	162	e	161
D2=P (TSP)	123	b			123	151			151
D2=Gülle			136	de	136		135	a	135
D3=K (KCl: 60er Kali)	126	b	138	ef	132	148	150	d	149
D4=K (Mg-Kainit)	126	b	130	c	128	154	161	e	158
D5=NK (KAS, KCl: 60er Kali)	109	ab	127	c	118	156	142	b	149
D6=PK (Patent-PK)	125	b	135	d	130	155	161	e	158
D7=PK (Thomaskali)	126	b	142	gh	134	159	167	f	163
D8=NP (KAS, TSP)	112	ab	115	a	113	164	150	d	157
D9=NPK (KAS, TSP, KCl: 60er Kali)	109	ab	123	b	116	167	146	bc	156
D10=NPK (AS, TSP, KCl: 60er Kali)	102	a			102	160			160
D10=Stallmist			145	h	145		149	cd	149
Gesamtmittel	118		133		126	158	152		155

Unterschiedliche Buchstaben weisen auf signifikante Differenzen der Düngungsvarianten hin (n.s.= nicht signifikant; *= $p < 0,05$, ***= $p < 0,001$), KAS= Kalkammonsalpeter, TSP= Tripelsuperphosphat, AS= Ammonsulfat

4.2.4.5 Rohfasergehalt ausgewählter Varianten 2006

In der Tabelle 51 sind die durchschnittlichen Rohfasergehalte für die Schnitt- und Weidenutzung dargestellt. Der Rohfasergehalt aller Nutzungen lag im Mittel bei $220 \text{ g kg}^{-1} \text{ TS}$, wobei der Unterschied zwischen der Schnitt- und Weidenutzung mit $234 \text{ g kg}^{-1} \text{ TS}$ bzw. $205 \text{ g kg}^{-1} \text{ TS}$ hoch ausfiel. Insgesamt lagen die Werte dann im Bereich der in der Literatur genannten Werte.

Der jahreszeitliche Verlauf der XF- und der XP- Messreihe zeigte für Schnitt- und Weidenutzung eine saisonale Abhängigkeit. Dem Maximum für Rohfaser im Sommer stand ein Minimum für Rohprotein gegenüber.

Tabelle 51: Mittlere Rohfasergehalte bei Schnitt- und Weidenutzung im Jahr 2006

Düngung	Aufwuchs	3-Schnittnutzung	3-4 Weidenutzung
XF in $\text{g kg}^{-1} \text{ TS}$			
D1=Ohne Düngung	1. Aufwuchs	236	163
	2. Aufwuchs	239	257
	3. Aufwuchs	236	173
	Gesamt. Ohne Düngung	237	194
D2=Gülle	1. Aufwuchs	232	163
	2. Aufwuchs	241	277
	3. Aufwuchs	245	203
	Gesamt. Gülle	238	219
D6=PK (Patent-PK)	1. Aufwuchs	194	176
	2. Aufwuchs	270	293
	3. Aufwuchs	245	171
	Gesamt PK.	228	203
Gesamtmittel		234	205

Weidenutzungs- und Schnittnutzungsvarianten des Jahres 2006 auf Mineralbodengrünland unterschieden sich durch die Zusammensetzung des Pflanzenbestandes, da die Schnittnutzungsparzellen nach dem Trockenjahr 2003 neu angesät waren, während der ursprüngliche Pflanzenbestand bei Weidenutzung weiter geführt wurde.

Die botanische Zusammensetzung unterschied sich entsprechend Tabelle 35 in vielerlei Hinsicht, besonders aber im Hinblick auf die Rotkleeanteile bei Schnittnutzung.

4.2.4.6 Verdaulichkeit bzw. Enzymlöslichkeit der organischen Substanz (ELOS) ausgewählter Varianten 2006

Die höchsten ELOS-Werte bei Weidenutzung konnten zum 1. Termin (Düngungsvariante Gülle 93%) ermittelt werden. Die niedrigsten ELOS-Werte konnten zum 2. Termin bei Weidenutzung (Patent-PK, 59%) ermittelt werden (Tabelle 52). Im Vergleich zu der Schnittnutzung weist das Futter bei Weidenutzung deutlich höhere Verdaulichkeiten auf. Der Jahresmittelwert der Verdaulichkeit beträgt bei Schnittnutzung 73%. Der Jahresmittelwert der Verdaulichkeit beträgt bei Weidenutzung 82%. Der Verzicht auf Düngung bringt sowohl bei Schnittnutzung als auch bei Weidenutzung keine Abnahme der Verdaulichkeit.

Tabelle 52: Enzymlösliche organische Substanz (ELOS) bei Schnitt- und Weidenutzung im Jahr 2006

Düngung	Aufwuchs	3-Schnittnutzung	3-4 Weidenutzung
ELOS atro %			
D1=Ohne Düngung	1. Aufwuchs	76	91
	2. Aufwuchs	70	61
	3. Aufwuchs	74	89
Gesamt. Ohne Düngung		73,7	82,8
D2=Gülle	1. Aufwuchs	75	93
	2. Aufwuchs	71	64
	3. Aufwuchs	76	84
Gesamt. Gülle		73,8	80,2
D6=PK (Patent-PK)	1. Aufwuchs	78	89
	2. Aufwuchs	64	59
	3. Aufwuchs	73	90
Gesamt. PK		72,8	83,3
Gesamtmittel		73,4	82,1

4.2.4.7 Energiegehalte (Metabolische Energie und Nettoenergie Laktation) ausgewählter Varianten 2006

Es gibt für die Auswertung der Ergebnisse zur metabolischen Energie unterschiedliche Ansätze, von denen ich auf vier näher eingehen werde. Im Vergleich zur Schnittnutzung wies das Futter bei Weidenutzung deutlich höhere Energiegehalte auf, die im Mittel mindestens über 10,4 MJ ME kg⁻¹ TM bzw. 6,2 MJ NEL kg⁻¹ TM lagen (Tabelle 53). Im Rahmen der geprüften Düngungsvarianten konnte ein gerichteter Einfluss auf die Energiegehalte nachgewiesen werden. Bei Schnitt- und Weidenutzung ergab der Verzicht auf Düngung den höchsten Energiegehalt. Zwischen den 4 Methoden gab es einen geringen Unterschied.

Tabelle 53: Mittlere Energiedichten bei Schnitt- und Weidenutzung im Jahr 2006 (einfaktorielle Varianzanalyse, Duncan-Test, n =24)

	ELOS-Silageformel		Rohnährstoffformel		EULOS-nach Friedel		EULOS-nach Weißbach	
	MJ ME kg ⁻¹ TM							
3-Schnittnutzung	***		***		***		***	
D1=Ohne Düngung	10,4	c	10,5	c	9,6	c	10,5	c
D 2=Gülle	10,2	b	10,3	b	9,5	b	10,4	b
D 6=PK (Patent-PK)	9,5	a	10,1	a	9,0	a	9,8	a
Mittel	10,0		10,3		9,4		10,2	
3-4 Weidenutzung	n.s.		*		*		*	
D 1=Ohne Düngung	10,8		10,8	b	10,7	b	11,4	b
D 2=Gülle	10,8		10,6	a	10,4	a	11,1	a
D 6=PK (Patent-PK)	10,7		10,7	ab	10,7	b	11,3	ab
Mittel	10,8		10,7		10,6		11,3	
	MJ NEL kg ⁻¹ TM							
3-Schnittnutzung	***		***		***		***	
D1=Ohne Düngung	6,2	c	6,3	c	5,7	c	6,3	c
D2=Gülle	6,1	b	6,2	b	5,6	b	6,2	b
D6=PK (Patent-PK)	5,7	a	6,1	a	5,2	a	5,9	a
Mittel	6,1		6,2		5,5		6,2	
3-4 Weidenutzung	n.s.		*		*		*	
D1=Ohne Düngung	6,5		6,5	b	6,5	b	7,0	b
D2=Gülle	6,5		6,3	a	6,2	a	6,8	a
D6=PK (Patent-PK)	6,5		6,4	ab	6,5	b	7,0	b
Mittel	6,5		6,4		6,4		6,9	

Unterschiedliche Buchstaben weisen auf signifikante Differenzen der Düngungsvarianten hin

Im Vergleich der Ergebnisse von 4 Methoden fallen die Energiewerte des Schnittgrases nach der Methode Friedel durch besonders niedrige Zahlen und die Energiewerte des Weidegrases nach der Methode Weissbach durch besonderes hohe Zahlen auf.

4.2.4.8 Energieerträge im Vergleich von Schnitt- und Weidenutzung

Im Vergleich zur Weidenutzung wies das Futter bei Schnittnutzung deutlich höhere Energieerträge auf, die im Mittel bei Schnittnutzung mindestens über 55 GJ ME ha⁻¹ Jahr⁻¹ bzw. 32 GJ NEL ha⁻¹ Jahr⁻¹ lagen (Tabelle 54). Aber die Werte bei Weidenutzung lagen im Mittel mindestens über 42 GJ ME ha⁻¹ Jahr⁻¹ bzw. über 25 GJ NEL ha⁻¹ Jahr⁻¹. Bei Weidenutzung hatte der Verzicht auf Düngung niedrige Energieerträge zur Folge. Zwischen den 4 Methoden gab es einen kleinen Unterschied.

Tabelle 54: Mittlere Energieerträge bei Schnitt- und Weidenutzung im Jahr 2006 (einfaktorielle bzw. zweifaktorielle Varianzanalyse, Duncan-Test, n =24)

	Rohnährstoff- formel	EULOS- nach Friedel	EULOS- nach Weißbach	ELOS- Silageformel
GJ ME ha⁻¹ Jahr⁻¹				
Nutzung	***	**	**	**
Düngung	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Nutzung x Düngung	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
3-Schnittnutzung	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
D1=Ohne Düngung	61	56	61	61
D2=Gülle	57	53	58	57
D6=PK (Patent-PK)	62	55	60	58
Mittel	60	55	60	59
3-4 Weidenutzung	n.s.	n.s.	n.s.	*
D1=Ohne Düngung	39	39	41	39 b
D2=Gülle	48	47	50	49 a
D6=PK (Patent-PK)	40	40	43	40 b
Mittel	42	42	45	43
GJ NEL ha⁻¹ Jahr⁻¹				
Nutzung	***	**	**	**
Düngung	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
Nutzung x Düngung	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
3-Schnittnutzung	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
D1=Ohne Düngung	37	33	37	36
D2=Gülle	34	31	35	34
D6=PK (Patent-PK)	37	32	36	35
Mittel	36	32	36	35
3-4 Weidenutzung	n.s.	n.s.	n.s.	*
D1=Ohne Düngung	24	24	25	24 b
D2=Gülle	29	28	31	30 a
D6=PK (Patent-PK)	24	24	26	24 b
Mittel	26	25	27	26

n.s.= nicht signifikant; *= p<0,05, **= p<0,01, ***= p<0,001

4.2.5 Nährstoffentzug bei Schnittnutzung bzw. Nährstoffumsatz bei Weidenutzung

Hier sollen die durch den oberirdischen Pflanzenbestand gebundenen Nährstoffmengen betrachtet werden. Diese Mengen wurden bei Schnittnutzung von der Fläche entfernt, aber bei Weidenutzung wurden sie zu 80-95% wieder zurückgeführt (ANONYM 1993). Der Ertragsrückgang in den Jahren von 2002 bis 2006 geht mit einer Abnahme der N-, P-, und K-Entzug sowohl bei Schnittnutzung als auch bei Weidenutzung einher.

Bei **Schnittnutzung** traten Differenzen zwischen den Düngungsvarianten in erster Linie zwischen den gedüngten Varianten einerseits und der ungedüngten Variante andererseits auf. Alle Schnittvarianten erreichten Entzüge von mehr als 91 kg N ha^{-1} , auch ohne jegliche Düngung. Die P-Entzugswerte variierten zwischen den Düngungsvarianten in 2002. Der Verzicht auf Düngung bei Schnittnutzung brachte in 2002 niedrige N-, P-, K-Entzugswerte (Tabelle 55).

Die bei **Weidenutzung** in der oberirdischen Pflanzenmasse gebundenen Nährstoffmengen im Jahr 2002 waren höher als bei Schnittnutzung. Im Jahr 2006 war es weniger. Nur als Ursache kann die neue Ansaat (Kleegrassgemisch) nach dem trockenen Jahr 2003 bei Schnittparzellen angesehen werden.

Die Differenzen zwischen den Düngungsvarianten traten weniger deutlich als zwischen den Nutzungsvarianten hervor. Sie zeigten sich vorrangig in Bezug auf die im Pflanzenmaterial gebundenen K-Mengen, die bei Verzicht auf Düngung deutlich niedriger als bei mineralischer Düngung waren. In der Weidevariante ohne jegliche Düngung wurde ein N-Umsatz von 143 kg N ha^{-1} in 2002 bzw. 94 kg N ha^{-1} in 2006 registriert. Die intensive Variante NPK1 (KAS, TSP, 60er% Kali) hatte einen hohen Nährstoffumsatz in 2002 und 2006.

Tabelle 55: Mittelwerte Nährstoffentzug bei Schnittnutzung bzw. Nährstoffumsatz bei Weidenutzung in den Jahren 2002 und 2006 (einfaktorielle Varianzanalyse, Duncan-Test)

Nutzung	Entzug kg ha ⁻¹ in 2002			Entzug kg ha ⁻¹ in 2006		
	N (n=40)	P (n=40)	K (n=40)	N (n=40)	P (n=40)	K (n=40)
3-Schnittnutzung	*	**	*	n.s.	n.s.	n.s.
D1=Ohne Düngung	106 ab	23 abc	168 a	131	17	115
D2=P (TSP)	115 abc	26 abcd	173 abc			
D2=Gülle				121	16	133
D3=K (KCl: 60er Kali)	100 ab	21 ab	182 abc	108	14	134
D4=K (Mg-Kainit)	97 a	19 a	170 ab	91	12	106
D5=NK (KAS, KCl: 60er Kali)	136 abc	27 abcd	244 abcd	101	14	128
D6=PK (Patent-PK)	150 c	30 cd	262 cd	132	16	161
D7=PK (Thomaskali)	141 bc	28 bcd	258 bcd	134	18	148
D8=NP (KAS, TSP)	154 c	31 d	216 abcd	116	19	133
D9=NPK (KAS, TSP, 60er Kali)	151 c	34 d	272 d	128	21	172
D10=NPK (AS, TSP, 60er Kali)	142 bc	32 d	256 abcd			
D10=Stallmist				145	18	170
Gesamtmittel	129	27	220	121	17	140
3-4 Weidenutzung	***	***	**	n.s.	*	**
D1=Ohne Düngung	143 b	25 b	233 b	94	15 ab	106 a
D2=P (TSP)	141 b	27 bc	243 b			
D2=Gülle				98	19 c	134 bc
D3=K (KCl: 60er Kali)	139 b	26 b	248 bc	85	15 a	113 ab
D4=K (Mg-Kainit)	103 a	19 a	178 a	84	15 a	117 ab
D5=NK (KAS, KCl: 60er Kali)	164 bc	27 bc	284 bc	84	16 abc	115 ab
D6=PK (Patent-PK)	148 b	26 b	258 bc	97	17 abc	129 bc
D7=PK (Thomaskali)	142 b	25 b	232 b	96	16 ab	127 abc
D8=NP (KAS, TSP)	186 c	30 cd	272 bc	93	16 abc	113 ab
D9=NPK (KAS, TSP, 60er Kali)	193 c	31 d	304 c	97	18 bc	131 bc
D10=NPK (AS, TSP, 60er Kali)	169 bc	27 bc	277 bc			
D10=Stallmist				98	17 abc	143 c
Gesamtmittel	153	26	253	93	16	123

Unterschiedliche Buchstaben weisen auf signifikante Differenzen der Düngungsvarianten hin (n.s.= nicht signifikant; *= p<0,05, **= p<0,01, ***= p<0,001), KAS= Kalkammonsalpeter, TSP= Tripelsuperphosphat, AS= Ammonsulfat

5 Diskussion der Ergebnisse

5.1 Wirkung der Extensivierung auf die Bodennährstoffgehalte im Vergleich von Schnitt- und Weidenutzung

Eine ausreichende Menge an pflanzenverfügbarem Stickstoff steht dem Pflanzenbestand auf Niedermooeren durch Mineralisierung der organischen Substanz zur Verfügung. Etwa 200-1000 kg N ha⁻¹ Jahr⁻¹ können in Abhängigkeit von Boden und Grundwasserstand freigesetzt werden (KUNTZE 1988). Grünland auf Niedermoor benötigt demzufolge weit weniger Düngestickstoff als Mineralbodengrünland. Im Gegensatz zu Grünland auf Mineralböden ist eine N-Düngung zum 3. und 4. Aufwuchs auf Niedermoor nur bei ungünstigen Witterungsbedingungen oder bei Futtermangel angebracht (ROSCHKE et al. 2000). Kalium ist im Unterschied zu Stickstoff nur in geringen Mengen im Niedermoorboden vorhanden und kann bei hohem Grundwasserstand sehr stark der Auswaschung unterliegen. Aber im Mineralboden ist Stickstoff nur in geringen Mengen zu finden. Der Boden der Niedermooere weist niedrige K-Gehalte auf, deshalb muss dies bei der Düngung berücksichtigt werden, da sonst mit einer Ertragsreduzierung zu rechnen ist (KUNKEL et al. 1994; HERTWIG & SCHUPPENIES 2005).

Mg-Gehalte waren im Niedermoorboden (Versorgungsstufe E) 6 bis 7-fach höher als die im Mineralboden (Versorgungsstufe C bei Schnittnutzung und D bei Weidenutzung). Darüber hinaus ist auf den sorptionsschwachen Mineralböden mit einer erheblichen Auswaschung des basisch wirksamen Magnesiums zu rechnen.

Auf **Niedermoor** ist der Boden der Versuchsfläche vor Versuchsbeginn im Frühjahr 1998 bei Kalium und Phosphor in die Versorgungsstufe D bzw. B einzuordnen. Bei Magnesium wurde die Versorgungsstufe E erreicht.

Der Verzicht auf die P-Düngung reduzierte auf Niedermoor die **P-Gehalte** im Boden, sowohl bei Schnittnutzung als auch bei Weidenutzung. Trotzdem blieben diese Varianten im Mittel der 8 Versuchsjahre in der Gehaltsstufe B, obwohl sich durch Verzicht auf P-Düngung die Bodengehalte verringerten. Die P-Düngungsvarianten blieben auf hohem Niveau in der Gehaltsstufe C.

Die vorliegenden Befunde bestätigen die Auffassung von KÄDING & PETRICH (2005), dass die P-Gehalte im Boden durch unterlassene Düngung auf Niedermoorgrünland bei Schnittnutzung um 51 bzw. 34% gegenüber NPK-Düngung reduziert werden. Die P-Gehalte im Boden waren unter Schnittnutzungsbedingungen niedriger als bei Beweidung und lagen im Mittel bei 9 bis 13 mg 100 g⁻¹ Boden. In einem Versuch von HERTWIG & SCHUPPENIES (2003) wurde auf Niedermoor nach 7-jähriger Dreischnittnutzung berichtet, dass der Verzicht auf die P-Düngung (Ohne Düngung) die P-Gehalte im Boden von 9,4 mg 100 g⁻¹ Boden auf 7,4 mg 100 g⁻¹ Boden reduziert.

Die größten Differenzen waren nach 8-jähriger Versuchsdurchführung auf Niedermoor im **K-Gehalt** des Bodens vorhanden, wobei der Anstieg der Gehalte in den mit Kalium gedüngten Varianten der Schnittnutzung und der generelle Anstieg der K-Gehalte in den Weideparzellen zu verzeichnen war. Die Kalium-Versorgungsstufe erhöhte sich von D auf E, mit besonders hohem Anstieg in den Weidevarianten, wobei in den ungedüngten Weidevarianten höhere Gehalte als in den mit Kalium gedüngten Schnittvarianten erreicht wurden. Der Verzicht auf die K-Düngung bei den Schnittparzellen verringerte die K-Gehalte im Boden in 8 Jahren um eine Versorgungsstufe auf C, eine Beobachtung, die auch HERTWIG & SCHUPPENIES (2003) und SCHUPPENIES et al. (2005) bestätigen. Nach KÄDING & PETRICH (2005) erreichten die Schnittvarianten ohne K-Düngung auf Niedermoorgrünland Bodengehaltsklasse B, mit K-Düngung aber die Klassen zwischen C und E.

Interessanterweise zeigen die Messergebnisse der Bodenuntersuchung auf **Mineralbodengrünland** bei langjährig ausgesetzter Grunddüngung (Ohne Düngung) zwischen Anfang und Ende des 7-jährigen Untersuchungszeitraumes praktisch keinen Abfall beim pflanzenverfügbaren **P-Gehalt** im Boden. Die eigenen Befunde stimmen gut mit Beobachtungen von DIEPOLDER & JAKOB (2006) überein. Im Gegensatz zu dieser Beobachtung haben JEANGROS & BERTOLA (1997) auf Mineralbodengrünland reduzierte P-Gehalte des Bodens bei Verzicht auf Düngung festgestellt. Der Boden der Versuchsfläche (Mineralbodengrünland) ist vor Versuchsbeginn im Frühjahr 2000 bei Kalium und Phosphor in Versorgungsklasse D bzw. C einzuordnen.

Auf Mineralbodengrünland reduzierte der Verzicht auf die P-Düngung die P-Gehalte im Boden nicht, sowohl bei Schnittnutzung als auch bei Weidenutzung. Alle Versuchsvarianten blieben im Mittel der 7 Versuchsjahre auf Niveau in der Gehaltsklasse C. Die vorliegenden Befunde bestätigen die Auffassung von DIEPOLDER & JAKOB (2006), dass die P-Gehalte im Boden durch unterlassene Düngung auf Mineralbodengrünland bei Schnittnutzung sich nicht verringerten. Die P-Gehalte im Boden waren unter Schnittnutzungsbedingungen niedriger als bei Beweidung.

Auf nicht mit Kalium gedüngten Parzellen verringerte sich der **K-Gehalt** des Bodens in 7 Jahren auf Mineralbodengrünland um eine Versorgungsstufe auf C bei Schnittnutzung. Im Gegensatz dazu berichteten DIEPOLDER & JAKOB (2006) bei dreimaliger Nutzung im Mittel der elf Versuchsjahre auf Mineralbodengrünland, dass fehlende Kalidüngung zu keiner Minderung des Bodenvorrates führte, in der Tendenz trat sogar eine Erhöhung auf. Sowohl bei Schnittnutzung als auch bei Weidenutzung war ein Anstieg des K-Gehalts des Bodens in den mit Kalium gedüngten Varianten festgestellt worden.

5.2 Wirkung der Extensivierung auf das Pflanzeninventar im Vergleich von Schnitt- und Weidenutzung

Bereits im vorigen Jahrhundert konnten STEBLER & SCHRÖTER (1982) feststellen, dass die Art der Bewirtschaftung für die botanische Zusammensetzung des Grünlandes mitverantwortlich ist. Als wichtigste Bewirtschaftungsmaßnahmen sind Nutzung und Düngung zu nennen (HOFMANN & ISSELSTEIN 2005; COP et al. 2009). In Abhängigkeit von Häufigkeit der Nutzung, die von den einzelnen Pflanzenarten toleriert werden, reagieren die Arten unterschiedlich auf eine bestimmte Schnitt- oder Beweidungshäufigkeit (VOIGTLÄNDER & JACOB 1987; VAN WINGERDEN et al. 1992).

Insgesamt wurden auf die Versuchsfläche (**Niedermoor**) 26 Pflanzenarten gefunden, von denen 25 auf den Schnittflächen und 15 auf den Weideflächen vorkamen. Wasserhaushalt und Nutzung beeinflussen die Umschichtungen im

Bestand wesentlich (TESCH 1992; KOZOWSKA & BANASZEK 1997). Die botanische Diversität ist auf den Versuchsstandort Niedermoorgrünland bei Weidenutzung geringer als bei Schnittnutzung und insgesamt stärker durch Nutzung und Bodenwasserhaushalt differenziert als durch die Düngungsstufen. Die eigenen Befunde stimmen gut mit Beobachtungen von NIELSEN & MARKUSSEN (1996) und COP et al. (2009) überein. Durch die Autoren wird die im vorliegenden Versuch beobachtete differenzierte Bestandesentwicklung in Abhängigkeit von der Nutzung und Düngung bestätigt.

In Übereinstimmung mit SCIMONE et al. (2007) dominierten nach 8-jähriger **Schnittnutzung** auf Niedermoor im Versuch *Poa sp.* und *Lolium multiflorum*. Im Gegensatz zu den vorliegenden Befunden fanden WETZEL (1966) und KÜHBAUCH (1992) eine verstärkte Ausbreitung von *Elytrigia repens* unter Schnittnutzungsbedingungen auf dem Niedermoorgrünland. EICH (2000) hat nach 5-jähriger Beweidung auf Moorgrünland vorrangig *Elytrigia repens* und *Poa sp.*, aber auch *Ranunculus repens* und *Taraxacum officinale* gefunden. Diese Beobachtung entspricht teilweise den vorliegenden Ergebnissen, jedoch hat sich im eigenen Versuch nach 8-jähriger **Beweidung** auf Niedermoor *Poa sp.* und *Lolium perenne*, aber auch *Ranunculus repens* und *Taraxacum officinale* gefunden. Auch NIELSEN & MARKUSSEN (1996) hatten nach zweijähriger Beweidung von Moorzweiden *Lolium perenne*, aber auch *Taraxacum officinale* festgestellt.

Bei Einräumung von 6 Möglichkeiten der Gruppenbildung wurde der Pflanzenbestand bei **Schnittnutzung** in 4 Cluster bzw. bei **Weidenutzung** in 3 Cluster untergliedert. Die in Cluster ähnlicher botanischer Zusammensetzung eingeordneten Parzellen waren meistens benachbart, zwischen Weide- und Schnittnutzung differenziert, aber nicht aus denselben Düngungsvarianten. Diese Ergebnisse decken sich mit den 5-jährigen Befunden auf Moorgrünland von EICH (2000). Der Autor hat zu Versuchende eine Differenzierung nach Nutzung und Düngung gefunden, so dass 6 Gruppen gebildet werden konnten.

Durch N-Düngung wurden auf **Niedermoor** gefördert: *Poa pratensis*, *Elytrigia repens* und die Summe der Gräser; reduziert wurden: *Ranunculus repens*, *Taraxacum officinale*, *Trifolium repens* und die Summe der Kräuter. Auch RIEDER

(1983) und COP et al. (2009) bestätigten, dass durch häufigere Nutzung und Düngung der Anteil der Gräser an der Gesamtmasse des Grünlandaufwuchses erhöht wird. NEUBAUER (1976) hatte ähnliche Ergebnisse gefunden. Der Autor zeigte in seinen Untersuchungen, wie einzelne Arten des Grünlandes auf differenzierte Nutzung und N-Düngung reagieren (s. Tabelle 9).

Generell werden durch intensive N-Düngung auf Niedermoor Gräser gefördert und Leguminosen zurückgedrängt. Besonders zwischen der N-Düngung und den Deckungsgraden von *Trifolium repens* besteht eine eindeutig negative Beziehung, denn mit verstärkter N-Düngung nimmt der Deckungsgrad dieser Art selbst in Verbindung mit hoher Nutzungsfrequenz ab (COWLING 1966; VOIGTLÄNDER & MÄDEL 1981; THOMET & NÖSBERGER 1982; DYCKMANS 1988).

Der Begriff Diversität beschreibt die biologische Mannigfaltigkeit einer Pflanzengesellschaft (WILMANN 1993; DIERSCHKE 1994). Die registrierte Zunahme der Artenzahl bei extensiven Schnitt- und Weideparzellen auf dem Niedermoorgrünland deckt sich mit den 10-jährigen Ergebnissen von BAKKER & OLFF (1992) und KIRKHAM & TALLOWIN (1995). VAN WINGERDEN et al. (1992) und JANSSENS et al. (1997) haben eine niedrige Nährstoffversorgung als Grund zu einem artenreichen Bestand festgestellt. Entsprechend den eigenen Ergebnissen wurde nach 8 Jahren für die ungedüngten Parzellen sowohl bei Schnittnutzung als auch bei Weidenutzung die höchste Diversität ermittelt.

Auf dem **Mineralbodengrünland** haben sich verstärkt Kräuter bei den **beweideten Varianten** etablieren können. Vor allem *Taraxacum officinale* erreichte deutlich höhere Deckungsgrade als in den schnittgenutzten Varianten, was Ergebnissen von MITCHLEY (1988), BELSKY (1992) und PAVLU et al. (2006) entspricht. Der hohe Deckungsgrad an *Taraxacum officinale* ist auf das gute Lichtangebot zurückzuführen (ISSELSTEIN 1992) und kann bei Beweidung toleriert werden, weil diese Pflanze einen guten Futterwert (FWZ 5) hat und gern gefressen wird. Bei **Weidenutzung** erlangte *Poa trivialis* die größte Bedeutung der Gräserzusammensetzung. Aber bei **Schnittnutzung** hatte *Arrhenatherum elatius* höhere Deckungsgrade der Gräserzusammensetzung. Die Kräuteranteile der Versuchsvarianten waren bei Schnittnutzung niedriger als bei Weidenutzung.

Auf dem Mineralbodengrünland wurde in der ungedüngten Variante eine Zunahme von *Trifolium repens* auf der Weidefläche bzw. *Trifolium pratense* auf der Schnittfläche und damit auch die Ausbreitung wertvoller Futterpflanzen beobachtet. Im Gegensatz zu den extensiven Varianten wurde in den intensiven Varianten eine Verbreitung von Leguminosen durch die erhöhte Konkurrenzfähigkeit der Gräser infolge der erhöhten N-Düngung unterbunden.

Insgesamt wurden auf der Versuchsfläche (**Mineralbodengrünland**) mehr Pflanzenarten auf den langjährig genutzten Weideflächen als auf den durch wiederholte Ansaat veränderten Schnittflächen gefunden. Im Vergleich mit gedüngten Varianten brachte der Verzicht auf Düngung sowohl bei Schnittnutzung als auch bei Weidenutzung bis 2 Species höhere Artenzahlen. Durch N-Düngung wurden gefördert: *Capsella bursa-pastoris*, *Artemisia vulgaris*; *Lamium amplexicaule* und die Summe der Gräser; reduziert wurden: *Trifolium repens*; *Leontodon autumnalis*; *Elytrigia repens* und die Summe der Leguminosen. In Übereinstimmung mit den Ergebnisse von VAN WINGERDEN et al. (1992), BULLOCK et al. (2001) und HOFMANN & ISSELSTEIN (2005) wurden die höchsten mittleren Artenzahlen in den Varianten ohne Düngung gefunden. Besonders in Kombination mit der Schnittverzögerung wirkte sich eine N-Düngung negativ auf die Artenvielfalt aus.

Insgesamt hatte das schlechter mit Bodenstickstoff versorgte **Mineralbodengrünland** eine vorteilhafte Wirkung auf die botanische Zusammensetzung der Bestände und ihrer Diversität. Die Artenzahl war höher als auf **Niedermoorgrünland**. Im Gegensatz zu diesen Beobachtungen berichtete EICH (2000), dass eine Sanddeckkultur auf Niedermoor eine geringere Artenzahl als die Schwarzkultur hatte. Es ist bekannt, dass mit zunehmender Bewirtschaftungsintensität die botanische Artenvielfalt sinkt (DIEPOLDER 2006). Sowohl auf Niedermoorgrünland als auch auf Mineralbodengrünland brachte der Verzicht auf Düngung eine Zunahme der Artenzahl bei der Schnitt- und Weidenutzung. Dies deckt sich mit den 10-jährigen Befunden von TESCH (1992) und BAKKER & OLFF (1992). Eine niedrige Nährstoffversorgung ist die Ursache für einen artenreichen Pflanzenbestand (VAN WINGERDEN et al. 1992; JANSSENS et al. 1997).

5.3 Wirkung der Extensivierung auf Ertrag, Wuchshöhen und Nutzungswürdigkeit der Aufwüchse im Vergleich von Schnitt- und Weidenutzung

Der Ertrag des Grünlandes hängt von den Umweltwirkungen, wie Boden, Witterung, Höhenlage und dem Grasnarbentyp, der Nährstoffversorgung sowie der Art und Häufigkeit der Nutzung ab (KLAPP 1971; VOIGTLÄNDER 1987). Der Zeitpunkt der Nutzung entscheidet über die Höhe der Erträge. Die Auswirkungen von Extensivierungsmaßnahmen auf den Trockenmasseertrag werden von verschiedenen Interessengruppen unterschiedlich bewertet (VERCH 1993). Die Verringerung und der Verzicht auf die Düngung bewirken aus landwirtschaftlicher Sicht einen Verlust an Grundfutter (GRUBER et al. 2006; PAVLU et al. 2006). Gegenüber einer intensiven Bewirtschaftung werden von verschiedenen Autoren bei alleiniger Phosphor/Kalium Düngung Mindererträge von 20-35% Trockenmasse ermittelt (MÜLLER 1985; RIEDER 1988; KUNTZE 1988; HAND 1991).

Im Vergleich zu der Schnittnutzung wurden auf **Niedermoorgrünland** bei Weidenutzung um 20% geringere Erträge ermittelt. Sie waren stabil und entsprechen Befunden von SCHMIDT (1992) und EICH (2000). Beim Vergleich der Versuchsjahre auf Niedermoorgrünland gab es eine weite Spanne der Jahreserträge festzustellen. Die höchsten Erträge wurden im Versuchsjahr 2001 ermittelt, welches sich durch hohe Niederschläge und eine gute Wasserversorgung auszeichnete. Die niedrigsten Erträge waren in den trockenen Versuchsjahren 2003 und 2006 festgestellt worden. KÄDING & PETRICH (2006) stellten bei Schnittnutzung auf Niedermoorgrünland in den 45 Versuchsjahren in Abhängigkeit von N-Düngung und Witterungseinflüssen stark schwankende Trockenmassejahreserträge fest. Es wurde festgestellt, dass hohe Niederschläge im Mai/Juni auf Niedermoor ertragsreduzierend und im Juli/August leicht ertragserhöhend wirkten. Auch BAKKER & DE VRIES (1985) stellten bei Schnittnutzung im Zeitraum 1974 bis 1984 ohne Düngung stark schwankende Trockenmassejahreserträge fest. Im Vergleich zwischen den extensiv und den intensiv bewirtschafteten Versuchspartzen ermittelte der Autor auf Niedermoorgrünland einen Ertragsausfall sowohl bei Schnittnutzung als auch bei Weidenutzung. Dies deckt sich mit den Ergebnissen von TALLOWIN & JEFFERSON (1999) sowie COP et al. (2009). Der Verzicht auf Düngung reduziert die Erträge bis 33% bei Schnittnutzung

bzw. bis 18% bei Weidenutzung. BENKE & ISSELSTEIN (2001) stellten über einen Zeitraum von 6 Jahren bei Unterlassung von Düngung auf Niedermoorgrünland unter den verschiedenen Nutzungen fest, dass im Vergleich zur Ausgangssituation durchschnittliche Ertragsrückgänge von 7% pro Jahr festzustellen waren. Die Ertragsreduzierung durch die Extensivierung stellte auch EICH (2000) in 5 Versuchsjahren auf 2 Moorkulturen fest. Die Autorin hatte auf der Sanddeckkultur in den extensiven Parzellen 16-26% bzw. auf der Schwarzkultur 63-65% weniger Ertrag als in den intensiven Varianten ermittelt. Die Extensivierung führt zu einem Ertragsverlust in Höhe von 24-50% (OOMES & MOOL 1985; SPATZ 1988; DAHMEN 1989; HAND 1991; PAVLU et al. 2006).

Der Verzicht auf **P-Düngung** ergab auf **Niedermoorgrünland** keine negativen Veränderungen im Ertrag weder bei Schnittnutzung noch bei Weidenutzung. Das kann damit zusammenhängen, dass der Verzicht auf die P-Düngung nicht zu einer Verringerung der Versorgungsstufe führte. KÄDING & PETRICH (2005) berichteten von einem 7 Jahre dauernden Versuch mit verschiedenen Düngungsvarianten auf Niedermoorgrünland, dass die P-Düngung einen geringeren Einfluss auf den Ertrag hatte. Der Pflanzenbedarf von der P-Düngung konnte durch Nachlieferung aus dem Boden gedeckt werden. Die eigenen Befunde decken sich mit Ergebnissen von BARTELS & SCHEFFER (1994), EICH (2000) und BOCKHOLT (2001), die ebenfalls zufriedenstellende Erträge trotz des Verzichts auf eine P-Düngung aufzeigten.

In der Literatur wurde vielfach bestätigt, dass sich der Verzicht auf die **K-Düngung** bei Schnittnutzung negativ auf den Ertrag von Niedermoorgrünland auswirkt (KÄDING 1996; EICH 2000; KÄDING & PETRICH 2005). Die K-Düngung muss auf allen Niedermoorflächen, die zur Schnittnutzung vorgesehen sind, unbedingt jährlich erfolgen, da Kalium ausgewaschen wird. Die K-Düngung hatte auf Niedermoorgrünland einen gesicherten positiven Einfluss auf den Ertrag sowohl bei Schnittnutzung als auch bei Weidenutzung gegenüber der undüngten Variante. Im eigenen Versuch hatten bei Schnittnutzung NPK-Düngung, PK-Düngung und reine K-Düngung gesicherte Mehrerträge gegenüber der extensiven Variante. Dies deckt sich mit Beobachtungen von KALTOFEN et al. (1987), EICH (2000), HERTWIG & SCHUPPENIES (2003) und KÄDING & PET-

RICH (2005). Im Vergleich zur konventionellen Variante NPK erreichte auf Niedermoorgrünland die ökologische Variante Mg-Kainit bei Schnittnutzung ein Ertragsniveau von durchschnittlich 86%. Auch TITZE (2005) stellte bei Schnittnutzung von Niedermoorgrünland fest, dass die ökologische Variante ein Ertragsniveau von 87% im Vergleich zur NPK-Düngung erreichte. Patent-PK-Düngung erreicht im Vergleich zur konventionellen PK-Düngung sowohl bei 3 Schnittnutzung als auch bei Weidenutzung keinen statistischen gesicherten Mehrertrag.

Alleinige **N-Düngung** auf **Niedermoorgrünland** zeigte nur bei Weidenutzung signifikante Mehrerträge im Vergleich zur extensiven Variante. Eine Kombination von Stickstoff und Kalium (NK; KAS, 60er Kali) erreichte dagegen Höchsterträge bei Schnitt- und Weidenutzung. Dies deckt sich mit den Empfehlungen von JÄNICKE (1995) sowie HERTWIG & SCHUPPENIES (2003), die alleinige N-Düngung auf Niedermoor-Schnittflächen zu unterlassen und eine Kombination von N und K-Düngung zu benutzen. Es wurde festgestellt, dass es einen Zusammenhang zwischen N-Düngung und K-Düngung auf Niedermoor gibt. Die N-Gabe (150 kg ha^{-1}) hatte bei Schnittnutzung keinen Einfluss. Eine Beobachtung von EICH (2000) berichtete, dass die Gabe von 120 kg N ha^{-1} auf Niedermoorgrünland keine signifikante positive Wirkung hatte, weder bei Schnittnutzung noch bei Weidenutzung.

Setzt man die Grenze der Schnittwürdigkeit auf $>25 \text{ dt TM ha}^{-1}$ fest, so waren die ersten Aufwüchse aller Düngungsvarianten auf Niedermoorgrünland, auch ohne Düngung, schnittwürdig, während die späteren Aufwüchse der nicht mit Kalium gedüngten Schnittvarianten eine Schnittnutzung nicht mehr lohnten bzw. sich im Grenzbereich der Schnittwürdigkeit befanden. An die Weidewürdigkeit werden geringere Anforderungen gestellt. 10 bis 20 dt TM ha^{-1} wurden in allen Weideaufwüchsen, auch bei Verzicht auf jegliche Düngung erreicht und überboten.

Im Vergleich zu Schnittnutzung wurden auf **Mineralbodengrünland** bei Weidenutzung um 10-21% geringere Erträge ermittelt. Sie waren stabil und entsprechen Befunden von EICH (2000). EICH (2000) hat auf Sanddeckkultur bei zweimaliger Schnittnutzung die höchsten Erträge ermittelt, während die Erträge bei

4maliger Beweidung um 15% geringer waren. Im Vergleich zur früheren intensiven Schnittnutzung auf Mineralbodengrünland (BAATH 1969; BAUER 1972) führte der Verzicht auf Düngung zu einer Ertragsreduzierung.

Der Einfluss der Jahreswitterung war auf Mineralbodengrünland stärker ausgeprägt als auf Niedermoorgrünland. Auffallend war das Jahr 2003 mit markanten niedrigen Erträgen, welche auf die geringeren Niederschläge zurückzuführen waren. Jedoch überlebten die Weidegräser. Dagegen mussten die Schnittparzellen mit einem Klee-grasgemisch im Jahr 2004 neu angesät werden. Die höchsten Erträge wurden in den Versuchsjahren 2001 und 2002 ermittelt, welches sich durch hohe Niederschläge und eine gute Wasserversorgung auszeichnete. Die niedrigsten Erträge waren im trockenen Versuchsjahr 2003 festgestellt worden. Sowohl der Ertrag des ersten Aufwuchses als auch der Jahresgesamtertrag nahmen jährlich zwischen den Jahren 2001 bis 2003 bei Schnittvarianten um 17 dt TM ha⁻¹ bzw. 22 dt TM ha⁻¹ ab. EICH (2000) stellte bei Schnitt- und Weidenutzung auf Sanddeck- und Schwarzkultur in den 5 Versuchsjahren in Abhängigkeit von Düngung und Witterungseinflüssen stark schwankende Trockenmassejahreserträge fest.

Im Vergleich zwischen den ungedüngten und den mit Stickstoff gedüngten Versuchspartzen ermittelte der Autor auf Mineralbodengrünland einen Ertragsausfall sowohl bei Schnittnutzung als auch bei Weidenutzung. Der Verzicht auf Düngung reduzierte die Erträge auf Mineralbodengrünland bis 42% bei Schnittnutzung bzw. bis 30% bei Weidenutzung. Durch Verzicht auf N-Düngung stellten HOFMANN & ISSELSTEIN (2005) nach 4-jährigem Versuchsverlauf eine Ertragsreduzierung von 90 dt TM ha⁻¹ auf 50 dt TM ha⁻¹ fest. Die Ertragsreduzierung durch die Extensivierung wurde von verschiedenen Autoren beschrieben (SPATZ 1988; DAHMEN 1989; HAND 1991; JEANGROS & BERTOLA 1997; DYCKMANS et al. 1999; EICH 2000; BRIEMLE 2006a, 2006b).

Der Verzicht auf die **P-Düngung** ergab auf Mineralbodengrünland keine Ertragsreduzierung weder bei Schnittnutzung noch bei Weidenutzung, weil dieser Verzicht die Versorgungsstufe nicht verringerte. BORSTEL et al. (1995) berichteten von einem 10 Jahre dauernden Versuch mit verschiedenen Düngungsvari-

anten auf **Mineralbodengrünland**, dass die Zuführung der P-Düngung keine Ertragssteigerung auf Sandboden zur Folge hatte. Es wurden ebenfalls zufriedenstellende Erträge trotz des Verzichts auf P-Düngung aufgezeigt. Im Gegensatz zum Niedermoorgrünland hatte die reine **K-Düngung** auf Mineralbodengrünland keinen gesicherten positiven Einfluss auf den Ertrag gegenüber der ungedüngten Variante, weder bei Schnittnutzung noch bei Weidenutzung. Die **N-Düngung** auf Mineralbodengrünland zeigte Mehrerträge im Vergleich zu den ungedüngten Varianten. Eine Kombination von N, P und K erreichte Höchsterträge bei Schnitt- und Weidenutzung. Dies deckt sich mit den Befunden von DIEPOLDER & JAKOB (2006).

Die Erträge, die auf dem **Mineralbodengrünland** ermittelt wurden, waren im Vergleich zu denen auf dem **Niedermoorgrünland** sowohl bei Schnittnutzung als auch bei Weidenutzung um 33% niedriger.

5.4 Wirkung der Extensivierung auf Qualitätsparameter des Futters und Energieertrag im Vergleich von Schnitt- und Weidenutzung

Es gibt eine Vielzahl verschiedener Faktoren, die den Mineralstoffgehalt des Weidenfutters beeinflussen können (WYSS & KESSLER 2002). Dazu zählen unter anderem der Boden (Mineralstoffgehalt, chemische und physikalische Eigenschaften) und das Klima (Niederschläge, Temperatur, Belichtung). Im Weiteren beeinflussen botanische Zusammensetzung, Aufwuchs und Entwicklungsstadium den Mineralstoffgehalt. Nach GRUBER et al. (1995) sowie KESSLER & JOLIDON (1998) wirkt sich auch die Düngung auf den Gehalt an Mengen- und Spurenelementen aus.

Aufgrund der Nährstoffrückführung, des jüngeren Futters und der günstigeren botanischen Zusammensetzung bei Weidenutzung sowie der späten Erntetermine bei Schnittnutzung waren die Nährstoffgehalte auf **Niedermoorgrünland** höher bei Weidenutzung als bei Schnittnutzung. Nach KLAPP (1971) und VOIGTLÄNDER & JACOB (1987) beträgt die Nährstoffrückführung über Exkremente bei Beweidung 70-100%.

Der **P-Gehalt** in Weideaufwüchsen wird in der Literatur mit 3 bis 5 g kg⁻¹ beschrieben (s. Tabelle 7), so dass der Tieresbedarf, wenn der Wert unter 3 g kg⁻¹ TS liegt, bei Schnittnutzung manchmal nicht abgedeckt werden kann (TIMLING et al. 1997). Die durchschnittlichen P-Gehalte aller Varianten lagen auf Niedermoorgrünland bei **Schnittnutzung** in Höhe von 3,6 g kg⁻¹ TS. Der Verzicht auf Düngung brachte auf Niedermoorgrünland sowohl bei Schnittnutzung als auch bei Weidenutzung niedrige Gehalte im Vergleich zu den P-Düngevarianten, was Ergebnissen von HERTWIG & SCHUPPENIES (2003) entspricht. Aber aus der Sicht der Tierernährung genügten auch diese P-Gehalte den Ansprüchen von Rindern und Schafen.

Die durchschnittlichen P-Gehalte aller Varianten im Futter lagen auf **Niedermoorgrünland** bei **Weidenutzung** in Höhe von 3,7 g kg⁻¹ TS. Deshalb ist eine Mineralstoffzufütterung bei Weidenutzung nicht notwendig. Dieser Befund deckt sich mit den Ergebnissen von COMBERG & MEYER (1963). Die Autoren stellten fest, dass der P-Gehalt von Mischproben von Weiden auf Moor bei 3,7 g kg⁻¹ TS lag. Insgesamt nimmt der P-Gehalt mit den Aufwüchsen eher zu. HERTWIG & SCHUPPENIES (2003) berichteten von einem Versuch auf Niedermoor, dass der P-Gehalt mit den Aufwüchsen zunimmt, während der K-Gehalt rückläufig ist.

Die durchschnittlichen **P-Gehalte** aller Varianten lagen auf **Mineralbodengrünland** bei **Schnittnutzung** in Höhe von 3,4 g kg⁻¹ TS. Der Verzicht auf Düngung brachte sowohl bei Schnittnutzung als auch bei Weidenutzung keine Gehaltminderung im Vergleich zur P-Düngevariante, was Ergebnissen von EICH (2000) entspricht. Aus Sicht der Tierernährung wurden ausreichende P-Gehalte erreicht. Die durchschnittlichen P-Gehalte aller Varianten im Futter lagen auf Mineralbodengrünland bei **Weidenutzung** in Höhe von 4,3 g kg⁻¹ TS. Deshalb ist eine Mineralstoffzufütterung bei Weidenutzung nicht notwendig. Dieser Befund deckt sich mit den Ergebnissen von MÜLLER-REH (1972). Dieser Autor stellte fest, dass der P-Gehalt von Mischproben von Weiden auf lehmigen und sandigen Weiden, bei 4,3 g kg⁻¹ TS lag. Insgesamt nimmt der P-Gehalt mit den Aufwüchsen eher zu. EICH (2000) berichtete von einem Versuch auf Sanddeckkultur, dass der P-Gehalt mit den Aufwüchsen zunimmt.

Die **K-Gehalte** von Weideaufwüchsen liegen nach OPITZ V. BOBERFELD (1994) im Mittel in Höhe von 20 bis 60 g kg⁻¹ TS, bei extensiver Weidenutzung im Mittel bei 18 g kg⁻¹ TS, bei intensiver Weidenutzung im Mittel bei 32 g kg⁻¹ TS (DLG 1973). Eine Beobachtung von ZÜRN (1951) und KLAPP (1971) hat festgestellt, dass der K-Gehalt der Pflanzen von der K-Düngung und dem Bodenvorrat abhängt. Der Tierbedarf liegt bei 10 g kg⁻¹ TS (MENKE 1987; OPITZ V. BOBERFELD 1994). Diese Grenzwerte wurden bei **Schnittnutzung** ohne K-Düngung in dritten Aufwuchs generell nicht erreicht. Die Aufwüchse weisen auf intensiven Grünlandflächen aus Sicht der Tierernährung häufig einen K-Überschuss auf (PHILLIPS 2001) (s. Tabelle 8). Die Zuführung der mineralischen K-Düngung ist auf die **Weidefläche** nicht nötig, weil die Pflanzenbestände sich als ausreichend versorgt erwiesen. Sowohl bei Schnittnutzung als auch bei Weidenutzung senkt der Verzicht auf die K-Düngung auf **Niedermoorgrünland** die K-Gehalte im Vergleich zu den K-Varianten um 5 bis 13 g kg⁻¹ TS, was Ergebnissen von HERTWIG & SCHUPPENIES (2003) entspricht. Die Pflanzenbestände wiesen bei Weidenutzung auf Niedermoorgrünland höhere K-Gehalte auf als bei Schnittnutzung.

Im Vergleich zu der Schnittnutzung wurden auf **Mineralbodengrünland** bei Weidenutzung deutlich höhere **K-Gehalte** ermittelt. Sie waren stabil und entsprechen Befunden von EICH (2000). Der Pflanzenbestand auf den intensiven Versuchspartzen hatte mehr K-Gehalte als die auf extensiven Varianten, was Ergebnissen von DLG (1973) und EICH (2000) entspricht. Der Verzicht auf Düngung senkt die K-Gehalte bei Schnittnutzung im Vergleich zu den K-Varianten.

Die Qualität des Futters wird in erster Linie vom Entwicklungsstadium der Hauptbestandbilder eines Pflanzenbestandes und damit vom Erntezeitpunkt bestimmt. Daneben beeinflussen die Standortbedingungen, das Klima und die botanische Zusammensetzung des Erntematerials ebenfalls die Futterqualität (KÜHBAUCH 1987). Die **Rohproteingehalte** und die Verdaulichkeit der organischen Substanz stehen in enger Beziehung zum Energiegehalt des Pflanzenmaterials; zwischen dem Rohfaser- bzw. Zellwandgehalt und der Verdaulichkeit bzw. dem Energiegehalt bestehen eindeutig gegenläufige Beziehungen. Der Rohproteingehalt nimmt im Verlauf der Weidesaison ab (HAKYEMEZ et al. 2009),

während der Rohfasergehalt zunimmt (KIRCHGESSNER 1957a u. 1957b (Wiesengras); KIRCHGESSNER et al. 1960 (einzelne Gräser); KIRCHGESSNER et al. 1967 (Luzerne und Rotklee); FARRIES 1967; MÜLLER et al. 1971; SPATZ & BAUMGARTNER 1990; KÄDING et al. 1993; HAKYEMEZ et al. 2009).

Der Rohproteingehalt aller Düngungsvarianten war auf **Niedermoorgrünland** bei **Weidenutzung** im Mittel um 20% höher als bei Schnittnutzung. Die Rohproteingehalte waren in dem in der Literatur angegeben optimalen Bereich für die Tierernährung. Bei Weidenutzung hat die extensive Variante (ohne Düngung) den geringsten Rohproteingehalt. Aber die intensiven Varianten (NPK-Düngung) hatten den höchsten Rohproteingehalt. In der Literatur wurde weitgehend einheitlich aufgezeigt, dass der Rohproteingehalt mit der zunehmenden Extensivierung der Beweidung rückläufig ist (PAVLU et al. 2006), während der Rohfasergehalt ansteigt (KÄDING et al. 1993; PAVLU et al. 2006). Auch hier war eine weitestgehende Übereinstimmung mit den Literaturwerten festzustellen (DLG 1961; KÄDING et al. 1993; EICH 2000). Die Zuführung der N-Düngung führte auf Niedermoorgrünland bei Schnitt- und Weidenutzung zur Zunahme der Rohproteingehalte. TOMASIK & TOMKA (1977) und VOIGTLÄNDER & JACOB (1987) hatten auf Niedermoor einen zunehmenden Rohproteingehalt bei zusätzlicher N-Düngung ermittelt. Beim Vergleich der verschiedenen Versuchsvarianten ließen sich auf Niedermoorgrünland bei Schnitt- und Weidenutzung, häufig bei geringer bzw. unterbliebener Düngung, niedrige Rohfasergehalten feststellen. Die Pflanzenbestände wiesen bei Schnittnutzung deutliche höhere Rohfasergehalte als bei Weidenutzung. Diese Ergebnisse entsprechen Angaben von EICH (2000).

Der **Rohproteingehalt** aller Düngungsvarianten auf **Mineralbodengrünland** war bei **Weidenutzung** im Mittel um 13 bis 26% höher als bei Schnittnutzung. Die Rohproteingehalte waren in dem in der Literatur angegeben optimalen Bereich für die Tierernährung. Im Gegenteil zum Niedermoorgrünland verringerte der Verzicht auf Düngung den Rohproteingehalt auf Mineralbodengrünland aber nicht sowohl bei Schnittnutzung als auch bei Beweidung. DIEPOLDER & JAKOB (2006) auf Mineralboden und EICH (2000) auf Sanddeckkultur konnten feststellen, dass die intensiven Varianten (NPK) bei Schnitt- und Weidenutzung höhere Rohproteingehalte als die extensiven Varianten (ohne Düngung) hatten. Im

Vergleich zur Weidenutzung wiesen die Pflanzenaufwüchse auf Mineralboden-grünland bei **Schnittnutzung** um 13% höhere Rohfasergehalte auf.

Die **Energiedichte** bzw. die Verdaulichkeit des Weideaufwuchses ist ein Maß für die Leistungsfähigkeit eines Bestandes (OPITZ V. BOBERFELD 1994). Der Energiegehalt wird in der Literatur von mindestens 6 MJ NEL kg⁻¹ TS als ausreichend für die Fütterung von Leistungsrindern bezeichnet (KIRCHGESSNER 1997). Diese Werte wurden bei **Weidenutzung** auf **Niedermoorgrünland** immer erreicht, auch bei Verzicht auf Düngung. Im Vergleich zur Schnittnutzung wies das Futter deutlich günstigere Energiegehalte auf. In Übereinstimmung mit den eigenen Befunden hat auch EICH (2000) die 4-malige Weidenutzung positiv bewertet. In Übereinstimmung mit KIRKHAM & TALLOWIN (1995) brachte der Verzicht auf Düngung auf Niedermoorgrünland bei **Schnittnutzung** ausreichende Energiegehalte für Leistungsrindern von mindestens 6 MJ NEL kg⁻¹ TS. Aber diese Energiegehalte welche den Grenzwert für die Fütterung von Leistungsrindern darstellen, wurden bei den Varianten (PK, NPK) unterschritten.

Der NEL-Gehalt lag auf **Mineralbodengrünland** im Weideaufwuchs an allen Aufwüchsen im Mittel höher als 6,2 MJ NEL kg⁻¹. Die Vergleichswerte der Literatur konnten hier Bestätigung finden. Nach KIRCHGESSNER (1992) und DLG (1997) sinken die NEL-Werte sowohl während der Saison wie auch von Schnitt zu Schnitt. Für die Fütterung von Leistungsrindern wurden die NEL-Werte bei **Weidenutzung** immer erreicht, auch bei Verzicht auf Düngung. Aber bei **Schnittnutzung** wurden die notwendigen Energiegehalte in einzelnen Varianten (PK) für die Fütterung von Leistungsrindern unterschritten. In Übereinstimmung mit COP et al. (2009) war die Wirkung der Schnittnutzung auf den NEL-Gehalt größer als die Wirkung von Dünger-Behandlungen.

Im Vergleich zur Schnittnutzung wies das Futter bei Weidenutzung auf **Niedermoorgrünland** deutlich höhere Energieerträge auf, die im Mittel mindestens über 38 GJ NEL ha⁻¹ Jahr⁻¹ lagen. Bei Schnittnutzung wurden je nach Düngungsniveau im Mittel des Jahres 2006 Energieerträge von 32 bis 51 GJ NEL ha⁻¹ Jahr⁻¹ erzielt, wobei sich in der Tendenz eine Steigerung von der ungedüngten Variante über PK-Düngung bis hin zur NPK-Düngung abzeichnete. Auch DIEPOLDER & JAKOB (2006) stellten bei dreimaliger Nutzung im Mittel der

elf Versuchsjahre Energieerträge von 44 bis 48 GJ NEL ha⁻¹ Jahr⁻¹ fest, wobei eine Steigerung von der Nullvariante über reine PK-Düngung bis hin zur NPK-Düngung auftrat.

Im Gegensatz zu Niedermoorgrünland wies das Futter bei **Weidenutzung** auf **Mineralbodengrünland** um 22 bis 28% geringere Energieerträge als bei Schnittnutzung auf. Der Verzicht auf Düngung führte bei der Weidenutzung zur Reduzierung der Energieerträge. In Übereinstimmung mit den eigenen Befunden haben auch DIEPOLDER & JAKOB (2006) einen Verlust der Energieerträge durch einen Verzicht auf Düngung auf Mineralboden beobachtet.

5.5 Wirkung der Extensivierung auf Nährstoffentzug bei Schnittnutzung und Nährstoffumsatz bei Weidenutzung

Auf **Niedermoorgrünland** sichert die **Schnittnutzung** einen Nährstoffentzug, die sich an dem erwarteten Jahresertrag und einem Gehalt von 3,6 g P kg⁻¹ TS sowie 19,8 g K kg⁻¹ TS in der Pflanze orientiert, standorttypische Erträge.

Differenzen der Nährstoffgehalte zwischen den Varianten traten in erster Linie zwischen den gedüngten Parzellen einerseits und den ungedüngten Varianten andererseits auf. Die Berechnung des **P-Entzugs** ergab auf Niedermoorgrünland bei den intensiven Varianten (NPK) bzw. bei dem Verzicht auf P-Düngung (Ohne Düngung) bei Schnittnutzung jährlich 34 kg P ha⁻¹ bzw. 25 kg P ha⁻¹.

Der **K-Entzug** bei Schnittnutzung in der ungedüngten Variante von jährlich 85 kg ha⁻¹ ist auf Niedermoorgrünland mit dem Rückgang des K-Gehaltes im Boden von 20 mg auf 13 mg 100 g⁻¹ Boden verbunden. Ohne K-Düngung nehmen die Pflanzen häufig weniger Stickstoff auf, was mit einem stärkeren Entweichen von Stickstoff in die Atmosphäre, durch Denitrifikation und mit einem stärkeren Nitrateintrag in das Grundwasser verbunden ist (SCHUPPENIES 1995). Die Düngung mit 150 kg K ha⁻¹ erhöhte den Entzug bis auf 209 kg K ha⁻¹. In einem Versuch von HERTWIG & SCHUPPENIES (2003) wurde auf Niedermoor nach 7-jähriger 3-maliger Schnittnutzung berichtet, dass der Verzicht auf die K-Düngung bzw.

die Düngung mit (150 N, 147 K) kg ha⁻¹ einen K-Entzug von 50 kg K ha⁻¹ bzw. 193 kg K ha⁻¹ brachte. In dem Versuch auf Niedermoorgrünland wurde ohne N-Düngung im Durchschnitt der acht Versuchsjahre ein jährlicher **N-Entzug** von 182 kg N ha⁻¹ ermittelt. Eine Berechnung von SCHUPPENIES (1995) ergab auf Niedermoor einen jährlichen Entzug von 150 kg N ha⁻¹.

Im Vergleich zur Schnittnutzung gab es bei **Weidenutzung** auf Niedermoorgrünland einen geringen Nährstoffentzug. Die eigenen Befunde stimmen gut mit Beobachtungen von KLAPP (1971) und EICH (2000) überein, dass der Nährstoffentzug bei 4-maliger extensiver Beweidung fast bedeutungslos ist, während eine Zusatzdüngung bei intensiver Weidenutzung notwendig bleibt. Der Nährstoffumsatz betrug bei extensiver Beweidung (Ohne Düngung) auf Schwarzkultur von 30 kg P ha⁻¹, 104 kg K ha⁻¹ und 251 kg N ha⁻¹ (EICH 2000).

Im Vergleich zur intensiven Bewirtschaftungsvariante führte der Verzicht auf Düngung auf **Mineralbodengrünland** zu niedrigem Nährstoffentzug. Der Ertragsrückgang in den Jahren von 2002 bis 2006 geht mit einer Abnahme des N, P, und K-Entzuges sowohl bei Schnittnutzung als auch bei Weidenutzung einher. Die bei **Weidenutzung** in der oberirdischen Pflanzenmasse gebundenen Nährstoffmengen im Jahr 2002 waren höher als bei Schnittnutzung. Aber im Jahr 2006 war es weniger. Ursache war eine neue Ansaat eines Klee-grasgemisches auf Schnittparzellen nach dem trockenen Jahr 2003, das ab dem Jahr 2004 leistungsstärker war als die langjährigen Weideparzellen. Der K-Entzug bei **Schnittnutzung** in der ungedüngten Variante von jährlich 115 kg ha⁻¹ ist auch mit dem Rückgang des K-Gehaltes im Boden von 27 mg auf 8 mg 100 g⁻¹ Boden (Gehaltsklasse C) verbunden.

6 Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Im Zeitraum von 1999 bis 2006 wurden auf zwei früher intensiv bewirtschafteten Versuchstandorten in Nordostdeutschland (Mecklenburg-Vorpommern, 590 - 620 mm Niederschlag, 7,9°C) langjährige Vergleiche zwischen Schnittnutzung und Weidenutzung unter der Bedingung extensiver- und halbintensiver Düngungsvarianten geführt. Es handelt sich um 2-faktorielle Versuchsanlagen mit den Faktoren A: Nutzung (3malige Schnittnutzung, 3-4malige Weidenutzung) und B: Düngung (12 Stufen) in 3facher Wiederholung auf tiefgründigem Niedermoor bzw. (10 Düngungsstufen) in 4facher Wiederholung auf lehmigem Sandboden. Es sind Düngungsvarianten des ökologischen Landbaus, Düngungsvarianten des konventionellen Landbaus und der naturschutzgerechten Grünlandnutzung (ohne Düngung) enthalten.

Die größten Differenzen waren nach 8-jähriger Versuchsdurchführung im K-Gehalt des Bodens vorhanden, wobei der Anstieg der Gehalte in den mit Kalium gedüngten Varianten der Schnittnutzung, die Reduzierung der K-Gehalte in den ungedüngten Varianten der Schnittnutzung und der differenzierte Anstieg der K-Gehalte in den Weideparzellen zu verzeichnen waren. Besonders auffallend ist die starke Differenzierung der K-Gehaltswerte auf Niedermoor. In Bezug auf die P-Gehaltswerte ergeben sich ebenfalls logische Relationen in Abhängigkeit von Düngung und Nutzung, jedoch mit geringerer Variationsbreite und ohne Tendenz zu Mangelbereichen.

Die botanische Diversität ist auf dem ohne Erneuerung bewirtschafteten Versuchstandort Niedermoorgrünland bei Weidenutzung geringer als bei Schnittnutzung, dagegen auf dem Versuchsstandort Mineralboden bei Weidenutzung größer als bei den vergleichsweise öfter erneuerten Varianten Schnittnutzung. Insgesamt ist die botanische Zusammensetzung stärker durch Ansaaten und Bodenwasserhaushalt geprägt als durch die Düngungsstufen. Auffallend ist die höhere Diversität des stickstoffärmeren Mineralbodengrünlandes. Sowohl auf Niedermoorgrünland als auch auf Mineralbodengrünland brachte völliger Verzicht auf Düngung eine tendenzielle Zunahme der Artenzahl je Parzelle und eine tendenzielle Verschiebung der Dominanzverhältnisse botanischer Arten.

Im Vergleich zur ehemals intensiven Nutzung erfolgte nach der Extensivierung eine Ertragsreduzierung an Futter - Trockenmasse um 12-31% auf dem Nie-

dermoorgrünland bzw. um 40-80% auf dem Mineralbodengrünland. Obwohl bei Weidenutzung Nährstoffe über die Exkreme zurückgeführt werden, sind die Weideerträge, die bei höherer Nutzungsfrequenz von 3-4 Umtrieben gewonnen werden, gegenüber den Erträgen einer Schnittnutzung um 23% auf Niedermoor bzw. um 17 bis 39% auf Mineralboden geringer. Die Düngung führt auf Niedermoorgrünland zu einem signifikanten Mehrertrag aller mit Kalium gedüngten Schnittvarianten, während bei Weidenutzung alle mineralischen N-Düngemittel und Nährstoffkombinationen signifikant positiv wirken. Auf Mineralbodengrünland wird ein signifikanter Ertragsanstieg in fast allen mineralisch mit Stickstoff gedüngten Schnitt- und Weidevarianten erreicht. Die P-Düngung wirkte auf den früher intensiv bewirtschafteten Flächen nicht auf Niedermoor, aber tendenziell auf Mineralboden bei Schnittnutzung und bei Weidenutzung. Auf Grund des höheren Futterwertes bei Weidenutzung sind die Relationen des Ertrages an Futterenergie zwischen Schnitt- und Weidenutzung auf Mineralboden für die Weidehaltung weniger stark unterlegen.

In wenig und ungedüngten Varianten des Niedermoors sind die Erträge an Futterenergie sogar vorteilhafter bei Weidenutzung gegenüber der Schnittnutzung. Auf dem Niedermoorstandort wirken die im ökologischen Landbau zugelassenen Düngemittel Mg-Kainit und Patent-PK in Gegenüberstellung zu vergleichbaren Düngemitteln des konventionellen Landbaus nicht signifikant verschieden, während Mg-Kainit auf Mineralbodengrünland tendenziell negative Wirkungen hat. Infolge erlaubter K-Düngung ist das Niedermoor ein hervorragender Grünlandstandort für den ökologischen Landbau. Mehrfachregressionsgleichungen für die Höhe des Trockenmasseertrages beweisen außerdem die Abhängigkeit des Ertrages von der klimatischen Wasserbilanz und dem Grundwasser-Flurabstand für den Niedermoorstandort sowie die Abhängigkeit des Ertrages von Temperatur und klimatischer Wasserbilanz für den Mineralbodenstandort. Für ausgewählte Monate eines Jahres treten in Folge natürlicher Ganglinien zeitlich begrenzte Wirkungen und zum Teil gegenläufige Vorzeichen auf.

Aus den vorliegenden 7-8jährigen Ergebnissen sind folgende Schlussfolgerungen abzuleiten. Sie beziehen sich auf einen tiefgründigen Niedermoorstandort bzw. auf lehmigen Sandboden.

Aus Sicht der Tierernährung für Mutterkühe bzw. Mutterschafe ist eine Dreischnittnutzung ausreichend, wobei aber in Trockenjahren unter extensiven Bedingungen auf Mineralbodengrünland 3-Schnitte nicht erreicht werden. Sowohl auf Niedermoorgrünland als auch auf Mineralbodengrünland genügt die Durchführung einer 3-4maligen Weidenutzung den Ansprüchen an die Futterqualität und an den Ertrag der einzelnen Aufwüchse. Diese Nutzung ist auf Niedermoor- bzw. Mineralbodengrünland durchaus geeignet.

Auf Niedermoorgrünland wirkt sich der Verzicht auf K-Düngung auf die botanische Zusammensetzung, die K-Gehalte im Pflanzenmaterial und die Erträge bei Schnittnutzung besonders negativ aus. Die Dynamik hängt vom Ausgangswert des K-Gehaltes im Boden ab. Infolge erlaubter K-Düngung ist das Niedermoor ein hervorragender Grünlandstandort für den ökologischen Landbau. Bei Schnittnutzung ist eine Zufuhr von 150 K kg ha^{-1} auf Niedermoorgrünland bzw. 150 N kg ha^{-1} auf Mineralbodengrünland in Anlehnung an den N- und K-Entzug empfehlenswert.

Bei gutem P-Versorgungszustand des Bodens kann man mittelfristig für mehrere Jahre besonders auf Niedermoor auf eine P-Düngung verzichten. Unter Beweidungsbedingungen ist der völlige Verzicht auf Düngung möglich, ohne dass mittelfristig eine Verschlechterung des Bodennährstoffgehaltes zu erwarten ist.

Trotz des 8jährigen Verzichts auf Düngung kamen geschützte Pflanzenarten (Rote Liste von Mecklenburg-Vorpommern) auf den Grünlandflächen weder bei Schnitt- noch bei Weidenutzung vor. Um die Ansiedlung neuer Arten und die Erhöhung der Diversität zu erreichen, müssen Grünlandflächen längerfristig völlig ohne Düngung bewirtschaftet werden.

Die Untersuchungen zeigten erhebliche jährliche Ertragsschwankungen. Da der Einfluss der Witterung sowie des Grundwasserflurabstandes auf die Ertragsbildung größer als der der Düngung ist, werden mit Eintreten des Klimawandels Ertragsschwankungen zunehmen.

7 Literaturverzeichnis

- ADOLF, G., und H.M. BISCHOFF (1987): Untersuchungen zur Stickstoffdüngung und Beregnung auf Flußauengrasland an der mittleren Elbe. 2. Mitt. : N-Menge und Pflanzenbestand. Archiv Acker- und Pflanzenbau u. Bodenkunde, Berlin. 31, 411-416
- MLUV (Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz, Hrsg. 2000): Agrarbericht 2000 des Landes Mecklenburg-Vorpommern (Berichtsjahr 1999), Hrsg. Ministerium für Landwirtschaft und Naturschutz Mecklenburg-Vorpommern
- MLUV (Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz, Hrsg. 2008): Agrarbericht 2008 des Landes Mecklenburg-Vorpommern (Berichtsjahr 2007), Hrsg. Ministerium für Landwirtschaft und Naturschutz Mecklenburg-Vorpommern
- MLUV (Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz, Hrsg. 2009): Agrarbericht 2009 des Landes Mecklenburg-Vorpommern (Berichtsjahr 2008), Ministerium für Landwirtschaft, Umwelt und Verbraucherschutz
- ANKE, M., B. GROPPPEL und M. GLEI (1994): Der Einfluss des Nutzungszeitpunktes auf den Mengen- und Spurenelementgehalt des Grünfutters. Das wirtschaftseigene Futter. 40, 304-319
- ANKE, M., W. GÜTHER und Ü. OLL (1961): Die Zusammensetzung des Weidefutters verschiedener Umtriebe. Jahrbuch Arbeitsgemeinschaft Fütterungsberatung. 4, 67-78
- ANONYM (1976): Methodenbuch Band III – Die chemische Untersuchung von Futtermitteln, VDLUFA-Verlag, Darmstadt, mit Ergänzungslieferungen 1983, 1988, 1993
- ANONYM (1993): Faustzahlen für Landwirtschaft und Gartenbau Dülmen, S. 282
- ANONYM (2006): SPSS für Windows, Version 15.0.1, SPSS Deutschland
- BMELV (Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, Hrsg. 2008): Statistisches Jahrbuch über Ernährung, Landwirtschaft und Forsten

- BAATH, A. (1969): Die Wirkung der N-Düngung und Klarwasserberegnung auf Mineralbodendauergrünland im Norden der DDR. Dissertation Universität Rostock
- BAKKER, J. and Y. DE VRIES (1985): The results of different cutting regimes in grassland taken out of the agricultural system. In: SCHREIBER, K.F. (ed.). Sukzession auf Grünlandbrachen. Münstersche Geographische Arbeiten. 20, 51-57
- BAKKER, J.P. (1989): Nature Management by Grazing and Cutting. Dissertation Groningen, Kluwer Academic Publishers Dordrecht/Boston/London
- BAKKER, J.P. und H. OLFF (1992): Feuchtgrünlandextensivierung in den Niederlanden. Landesanstalt für Ökologie, Landschaftsentwicklung und Forstplanung Mitteilungen. 17, 3, 42-45
- BARTELS, R. und B. SCHEFFER (1994): Wie lässt sich für Moorböden die Düngung des Grünlandes der extensiven Nutzung anpassen? Jahrestagung AG Grünland und Futterbau der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaft. 38, 58-64
- BARTHAM, G.T., C.A. MARRIOTT, T.G. COMMON and G.R. BOLTON (2002): The long-term effects on upland sheep production in the UK of a change to extensive management. Grass and Forage Science. 57, 124-136
- BAUER, U. (1972): Vergleichende Untersuchungen über Ertrag, Ertragsverteilung und Futterqualität unterschiedlicher Grünlandneuansaatn auf Mineralboden mit Beregnung und auf Niedermoor, Dissertation Universität Rostock
- BELSKY, A.J. (1992): Effects of grazing, competition, disturbance and fire on species composition and diversity in grassland communities. Journal of Vegetation Sciences. 3, 187-200
- BMELV (2007): Zusammenfassung der Viehbestandserhebung November 2006: Auswertungen und Ausblick. Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, [http://www.bmelv.de/nr751378/DE/04Landwirtschaft/Agrarmaerkte/TierischeErzeug.\(15.06.2007](http://www.bmelv.de/nr751378/DE/04Landwirtschaft/Agrarmaerkte/TierischeErzeug.(15.06.2007)
- BOCKHOLT, R. (2001): Futterwert und Siliereignung der häufigsten autochthonen Pflanzenarten des Niedermoorgrünlandes, Archives of Agronomy and Soil Science. 47, 183-199

- BOCKHOLT, R. (2005): Das Salzgrünland der Ostseeküste Mecklenburg-Vorpommerns mit seinen häufigsten Pflanzen, Hrsg. Universität Rostock. 36-39
- BOCKHOLT, R. und U. FUHRMANN (1994): Intensitätsstufen der Grünlandnutzung zur Verständigung mit Naturschutzbehörden, Planungsbüros für Landschaftsgestaltung und Landwirtschaftsämtern. Mitteilung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaft. 7, 195-198
- BOCKHOLT, R., U. FUHRMANN und G. BRIEMLE (1996): Anleitung zur korrekten Einschätzung von Intensitätsstufen der Grünlandnutzung. Natur und Landschaft. 71, 6, 249-251
- BOMMER, D. (1964): Zur Frage von Stickstoffdüngung und Schnitthäufigkeit auf der Wiese. Landwirtschaftliche Forschung. 17, 252-259
- BORSTE, U.V., K. SEVERIN und D. BLUMENDELLER (1995): Einfluss der Grunddüngung auf die Erträge verschiedener Grünlandstandorte Norddeutschlands. Jahrestagung AG Gründland und Futterbau der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaft. 39, 54-59
- BRIEMLE, G. (2006a): Die wichtigsten Ergebnisse aus dem Aulendorfer Extensivierungsversuch: 10 Jahre Grünlandausmagerung. http://www.landwirtschaftmlr.baden-wuerttemberg.de/servlet/PB/menu/-1040678_11/index.html
- BRIEMLE, G. (2006b): Wirkung verschieden hoher Gaben von Wirtschaftsdüngern (Gülle, Festmist) auf den Pflanzenbestand einer Vielschnittwiese; http://www.landwirtschaftmlr.badenwuerttemberg.de/servlet/PB/menu/1040721_11/index.html
- BRIEMLE, G. und H. ELLENBERG (1994): Zur Mahdverträglichkeit von Grünlandpflanzen Mitteleuropas. Natur und Landschaft. 69, 4, 139-147
- BULLOCK, J.M., R.F. PYWELL, M.J.W. BURKE and K.J. WALKER (2001): Restoration of biodiversity enhances agricultural production. Ecology Letters. 4, 185-189
- COLLINS, M. and J.A. BALASKO (1981): Effects of N fertilization and cutting schedules on stockpiled tall fescue. I. Forage quality. Agron. J. 73, 821-826

- COLLINS, S.L., A.K. KNAPP, J.M. BRIGGS, J.M. BLAIR and E.M. STEINAUER (1998): Modulation of diversity by grazing and mowing in native tallgrass prairie. *Science*. 280, 745-747
- COLWELL, R.K. and J.A. CODDINGTON (1994): Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society (Series B)*. 345, 101-118
- COLWELL, R.K., C.X. MAO and J. CHANG (2004): Interpolating, extrapolating, and comparing incidence-based species accumulation curves. *Ecology*. 85, 2717-2727
- COMBERG, G. und H. MEYER (1963): Ein Beitrag zum Mineralstoff- und Spurenelementgehalt des Weidegrases in Nordwestdeutschland. *Deutsche Tierärztliche Wochenschrift*. 9, 235-239
- COP, J., M. VIDRIH and J. HACIN (2009): Influence of cutting regime and fertilizer application on the botanical composition, yield and nutritive value of herbage of wet grasslands in Central Europe. *Grass and Forage Science*. 64, 454-465
- COWLING, D.W. (1966): The effect of the early application of nitrogenous fertilizer and of the time of cutting in spring on the yield of ryegrass/white clover swards. *Journal of Agricultural Science*. 66, 413-431
- DAHMEN, P. (1989): Auswirkungen der Extensivierung von Grünland auf Massenbildung, Futterqualität und Arteninventar. Dissertation Universität Bonn
- DATENREPORT (2006): Zahlen und Fakten über die Bundesrepublik Deutschland, Bonn, S. 276-277
- DEUTSCHER LANDWIRTSCHAFTSATLAS (1934): Bearbeitet im statistischen Reichsamt, Berlin
- DIEPOLDER, M. (2006): Standortangepasste Grünlandnutzung und N-Düngung. <http://www.aelf-sd.bayern.de/pflanzenbau/30554/gruenlandnutzung1.pdf>
- DIEPOLDER, M. und B. JAKOB (2006): Auswirkungen der Grünlandextensivierung durch verringerte Nutzungshäufigkeit und Düngung auf einem oberfränkischen Standort. Schule und Beratung 6/02, Bayrisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten
- DIERSCHKE, H. (1994): Pflanzensoziologie. Grundlagen und Methoden. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart

- DIERßEN, K. und K. KIEHL (2000): Theoretische Grundlagen zur Definition, Messung und Bedeutung von Diversität. Schriftenreihe Vegetationskunde 32, Bundesamt für Naturschutz, Bonn, 7-12
- DLG (1960): DLG- Futterwerttabellen - Mineralstoffgehalte in Futtermitteln Band 62. DLG-Verlags, Frankfurt am Main
- DLG (1961): DLG- Futterwerttabellen - Mineralstoffgehalte in Futtermitteln Band 62. DLG-Verlags, Frankfurt am Main
- DLG (1973): DLG- Futterwerttabelle - Mineralstoffgehalte in Futtermitteln Band 62. DLG- Verlags, Frankfurt am Main
- DLG (1997): DLG- Futterwerttabellen - Wiederkäuer. DLG-Verlag, Frankfurt am Main
- DYCKMANS, A. (1988): Weißklee als Mineraldünger-Ersatz. DLG-Mitteilung. 6, 289-291
- DYCKMANS, A. (1989): Die Leistungsfähigkeit von Weißklee. Sein Beitrag zur Ertragsleistung von Dauergrünlandansaaten. Das wirtschaftseigene Futter. 35, 29-48
- DYCKMANS, A., H. MACK and F. WEISSBACH (1999): The effect of grassland extensification on yield, forage quality and botanical composition at different grassland locations. Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft. 206, 125-139
- ECKELMANN, W.R., H. SPONAGEL, W. GROTTENTHALER und K.J. HARTMANN (2005): Boden, Bodenkundliche Kartieranleitung, 5. Aufl. Hannover
- EICH, S. (2000): Futterwirtschaftliche und ökologische Auswirkungen der Extensivierung von Niedermoorgrünland auf Schwarz- und Sanddeckkulturen, Dissertation Universität Rostock
- ELLENBERG, H. (1991): Zeigerwerte der Gefäßpflanzen Mitteleuropas. Scripta Geobotanica IX, auch ältere Auflagen, Göttingen
- FARRIES, E. (1967): Zum Nährwert von Weidegras in unterschiedlichen Vegetationsstadien. Das wirtschaftseigene Futter. 12, 77-83
- FINKLER-SCHADE, C. (1997): Felduntersuchung während der Weideperiode zur Ernährung von Fohlenstuten und Saugfohlen sowie zum Wachstumsverlauf der Fohlen. Wissenschaftliche Publikation 17, Warendorf, FN-Verlag, 256

- FLEMING, G.A. and W.E. MURPHY (1968): The uptake of some major and trace elements by grasses as affected by season and stage of maturity. *Grass and Forage Science*. 23, 174-185
- FRAME, J. (1991): Herbage production and quality of a range of secondary grass species at five rates of fertilizer nitrogen application. *Grass and Forage Science*. 46, 139-151
- FRIEDEL, K. (1990): Die Schätzung des energetischen Futterwertes von Grobfut-
ter mit Hilfe einer Cellulasemethode. *Wissenschaftliche Zeitschrift der U-
niversität Rostock, Mathematische-naturwissenschaftliche Reihe*. 39, 78-86
- GEHRING, M. (1986): Der Einfluss verschiedener Methoden der Güllebehand-
lung auf Grünlandertrag, Pflanzenbestand und Freßverhalten der Weide-
tiere. *VDLUFA-Kongress*. Berlin. 519-528
- GIEBELHAUSEN, H., A. MILIMONKA und K. RICHTER (2002): Etablierung von Exten-
sivgrünland. *Jahrestagung AG Gründland und Futterbau der Gesellschaft
für Pflanzenbauwissenschaft*. 46, 197-200
- GOLZE, M. und J. STEFLER (2005): Möglichkeiten und Grenzen der extensiven
Weidewirtschaft mit landwirtschaftlichen Nutztieren. *Jahrestagung AG
Gründland und Futterbau*. 49, 6-13
- GRIME, J.P. (2001): *Plant strategies, vegetation processes, and ecosystem pro-
perties* (2nd Edition), Chichester, UK: John Wiley & Sons, S. 417
- GRUBER, L., G. WIEDNER und K. BUCHGRABER (1995): Mineralstoffe aus dem
Grundfutter für das Rind. *Der fortschrittliche Landwirt*. 3, 1-8
- GRUBER, L., J. HÄUSLER, A. STEINWIDDER, A. SCHAUER, G. MAIERHOFER (2006):
Influence of cutting frequency in Alpine permanent grassland on nutritive
value, DM yield and agronomic parameters of milk production. *Abschluss-
bericht des FP 2301 (GF III) an BMLFUW*
- HACIN, J., J. COP and I. MAHNE (2001): Nitrogen mineralization in marsh mead-
ows in relation to soil organic matter content and water-table level. *Plant
Nutrition and Soil Science*. 164, 503-509
- HAKYEMEZ, B.H., A. GOKKUS, T. SAVAS and I.Y. YURTMAN (2009): Effects of
herbage intake on goat performance in the mediterranean type natural
pastures. *Animal Science Journal*. 80, 34-40

- HAMMER, Ø., D.A.T. HARPER and P.D. RYAN (2001): PAST, Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*. 4(1), S. 9
- HAND, K.D. (1991): Mittelfristige Auswirkungen einer extensiven Grünlandbewirtschaftung auf Ertrag- und Futterqualitätsparameter sowie den Pflanzenbestand. Dissertation Universität Kiel
- HANETSCHAK, M. (2002): Moore. In: Bodenbericht des Landes Mecklenburg-Vorpommern, Phase 1 des Bodenschutzprogramms Mecklenburg-Vorpommern, Hrsg. Landesamt für Umwelt, Naturschutz und Geologie
- HEMINGWAY, R.G. (1961): Magnesium, potassium, sodium and calcium contents of herbage as influenced by fertilizer treatments over a three-year period. *Grass and Forage Science*. 16, 106-116
- HERTWIG, F. und R. SCHUPPENIES (2003): Niedermoorgrünland nach Entzug mit Phosphor und Kalium düngen. http://www.mluv.brandenburg.de/cms/media.php/2331/dung_nm.pdf
- HERTWIG, F. und R. SCHUPPENIES (2005): Auswertung langjähriger Versuche zur P- und K-Düngung auf Niedermoorgrünland – Basis für die Bemessung der Grunddüngung. DLG-Grünlandtagung. Futterkamp, 15-22
- HOCHBERG, H., A. WEISS und D. ZOPF (1994): Spätschnittnutzung. In: Grünland und Futterbau in Thüringen. TLL-Schriftenreihe. 9, 122-129
- HODGSON, J. (1977): Factors limiting herbage intake by the grazing animals, Animal production from temperate grassland. Dublin: Proceedings of an international meeting, S. 70-75
- HOFMANN, M., J. ISSELSTEIN (2005): Species enrichment in an agriculturally improved grassland and its effects on botanical composition, yield and forage quality. Blackwell Publishing Ltd., *Grass and Forage Science*. 60, 136-145
- HOFMANN, M., N. KOWARSCH, S. BONN and J. ISSELSTEIN (2001): Management for biodiversity and consequences for grassland productivity. *Grassland Science in Europe*. 6, 113-116
- HOLLIDAY, R. and D. WILMAN (1965): The effect of fertilizer nitrogen and frequency of defoliation on yield of grassland herbage. *Grass and Forage Science*. 20, 32-40

- HOPKINS, A., A.H. ADAMSON and P.J. BOWLING (1994): Response of permanent and reseeded grassland to fertilizer nitrogen. 2. Effects on concentrations of Ca, Mg, K, Na, S, P, Mn, Cu, Co and Mo in herbage at a range of sites. *Grass Forage Science*. 49, 9-20
- ISSELSTEIN, J. (1992): Untersuchungen zur Variabilität der Keimung von *Taraxacum officinale* Web. *Zeitschrift Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz*. 13, 119-125
- ISSELSTEIN, J. (1994): Zum futterbaulichen Wert verbreiteter Grünlandkräuter. *Habil. –Schrift Gießen*
- ISSELSTEIN, J. und M. BENKE (2001): Extensive Landwirtschaft auf Niedermoorgrünland - Probleme und Chancen. In: KRATZ, R. und J. PFADENHAUER, (Hrsg.) (2001): *Ökosystemmanagement für Niedermoore, Strategien und Verfahren zur Renaturierung*, Ulmer, Stuttgart, S. 184-201
- JACOB, H. (1987): Nutzung des Dauergrünlandes. In: VOIGTLÄNDER, G. & H. JACOB: *Grünlandwirtschaft und Futterbau*. Verl. Eugen Ulmer, Stuttgart, 258-332
- JÄNICKE, H. (1995): Zu Auswirkungen verschiedener Düngungsintensitäten auf Niedermoor. *VDULUFA-Schrift*. 40, Band Garmisch Patenkirchen, S. 197-200
- JANSSENS, F., A. PEETERS, J.R.B. TALLOWIN, R.E.N. SMITH, J.P. BAKKER, R.M. BEKKER, G.L. VERWEIJ, F. FILLAT, C. CHOCARRO and M.J.M. OOMES (1997): Relationship between soil nutrients and plant diversity in grasslands: definition of limits for the maintenance and the reconstruction of species-rich communities. *Proceedings of the International Occasional Symposium of the European Grassland Federation*, Vol. II, S. 315-322
- JEANGROS, B. and C. BERTOLA (1997): Changes during six years in botanical composition, species diversity and productivity of a permanent meadow after cessation of fertilizer application and reduction of cutting frequency. *Grassland Science in Europe*. 2, 75-79
- JEANGROS, B. and C. BERTOLA (1997): Changes during six years in botanical composition, species diversity and productivity of a permanent mesadow after cessation of fertilizer application and reduction of cutting frequency. *Proceedings of the International Occasional Symposium of the European Grassland Federation*, Vol. II, S. 75-80

- KÄDING, H. (1996): Auswirkungen variiertener Kaliumdüngung auf Niedermoorgrünland, Archiv Acker- und Pflanzenbau u. Bodenkunde. 40, 205-215
- KÄDING, H. (2005): Einfluss von Düngung und Schnitthäufigkeit auf die Nährstoffbilanzen des Niedermoorgrünlandes. DLG-Grünlandtagung. 55-60
- KÄDING, H. und G. PETRICH (2005): Wirkung von Düngung und Nutzungsfrequenz auf Erträge und Nährstoffgehalte auf Niedermoorgrünland. Jahrestagung AG Grünland und Futterbau. 49, 81-84
- KÄDING, H. und G. PETRICH (2006): Jährliche Schwankungen der Grünlanderträge. Jahrestagung AG Grünland und Futterbau. 50, 51-54
- KÄDING, H. und W. KREIL (1987): Ertrags- und Qualitätsverlauf von Gräsern im 2. und letzten Aufwuchs. Archiv Acker- und Pflanzenbau u. Bodenkunde. 31, 549-556
- KÄDING, H., G. SCHALITZ und W. LEIPNITZ (1993): Veränderungen der Gehalte an pflanzlichen Inhaltsstoffen durch extensive Bewirtschaftungen von Niedermoorgrünland. Das wirtschaftseigene Futter. 39, 157-167
- KALTOFEN, H. und K. SCHMIDT (1987): Hinweise zur standortgerechten Kaliumdüngung des Graslandes. Feldwirtschaft. 28, 60-62
- KAUFMANN, W. (1974): Ernährungsphysiologische Grundlagen der Milchviehfütterung in Betrieben mit hoher Düngungs- und Nutzungsintensität. 6. Arbeitstagung „Fragen der Güllerei,, Gumpenstein
- KESSLER, J. und V. JOLIDON (1998): N-Düngung und Mineralstoffgehalt von Wiesenfutter. Agrarforschung. 5, 117-120
- KIRCHGEßNER, M. (1957a): Der Einfluss verschiedener Wachstumsstadien auf den Makro- und Mikronährstoffgehalt von Wiesengras. Landwirtschaftliche Forschung. 10, 45
- KIRCHGEßNER, M. (1957b): Der Einfluss der botanischen Zusammensetzung, Erntezeit und -art auf den Mengen- und Spurenelementgehalt des Wiesenheus. Zeitschrift für Tierphysiologie, Tierernährung, Futtermittelkunde 12, 304
- KIRCHGEßNER, M. (1982): Tierernährung. Leitfaden für Studium, Beratung und Praxis. 5. Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt am Main, 488
- KIRCHGEßNER, M. (1992): Tierernährung. Leitfaden für Studium, Beratung und Praxis. 8. Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt am Main

- KIRCHGESSNER, M. (1997): Tierernährung. Leitfaden für Studium, Beratung und Praxis. 10. Auflage, DLG-Verlag, Frankfurt am Main
- KIRCHGESSNER, M. (1998): Mitteilung des Ausschusses für Bedarfsnormen der Gesellschaft für Ernährungsphysiologie, Formeln zur Schätzung des Gehaltes an Umsetzbarer Energie in Futtermitteln aus Aufwüchsen des Dauergrünlandes und Mais-Ganzpflanzen. *Proceedings of the Society of Nutrition Physiology*. 17, 141-150
- KIRCHGESSNER, M. und F.X. ROTH (1972): Zur Berechnung des Futterwertes von Weidegras aus Roh Nährstoffen. *Das wirtschaftseigene Futter*. 18, 17-22
- KIRCHGESSNER, M., E. PAHL und G. VOIGTLÄNDER (1967): Der Einfluss des Vegetationsstadiums auf den Mineralstoffgehalt von Rotklee (*Trifolium pratense* L.) und Luzerne (*Medicago varia* Mart.). *Das wirtschaftseigene Futter*. 13, 173-188
- KIRCHGESSNER, M., M. MERZ und W. OELSCHLÄGER (1960): Der Einfluss des Vegetationsstadiums auf den Mengen- und Spurenelementgehalt dreier Grasarten. *Archives of Animal Nutrition*. 10, 414-427
- KIRKHAM, F.W. and J.R.B. TALLOWIN (1995): The influence of cutting date and previous fertilizer treatment on the productivity and botanical composition of species-rich hay meadows on the Somerset Levels. *Grass and Forage Science*. 50, 365-377
- KLAPP, E. (1951): Borstgrasheiden der Mittelgebirge. Entstehung, Standort, Wert und Verbesserung. *Zeitschrift für Acker- und Pflanzenbau*. 93, 400-444
- KLAPP, E. (1954): Wiesen und Weiden: Behandlung, Verbesserung u. Nutzung von Grünlandflächen. 2., Berlin
- KLAPP, E. (1971): Wiesen und Weiden. 4. Auflage, Verlag Paul Parey, Berlin und Hamburg
- KLAPP, E., P. BOEKER, F. KÖNIG und A. STÄHLIN (1953): Wertzahlen der Grünlandpflanzen. In: *Das Grünland* 2/53: 38-40, Schaper-Verlag, Hannover
- KNOLD, W. (2005): Aspekte aktueller und historischer Nutzung. In: HAMPICKE, U., B. LITTERSKI und W. WICHTMANN (2005): *Ackerlandschaften, Nachhaltigkeit und Naturschutz auf ertragsschwachen Standorten*. Berlin, S. 1-10
- KOZOWSKA, T. and P. BANASZEK (1997): Effect of differentiated meadow habitats and biological activity of organogenic soils on the botanical composition of

- sward and the yields of vegetation. Grassland Science in Europa. 2, 335-339
- KREIL, W., W. SIMON und E. WOJAHN (1982): Futterpflanzenbau: Empfehlungen, Richtwerte, Normative. Band 1: Grasland, Berlin, S. 94
- KÜHBAUCH, W. (1987): Veränderung der Qualität von Grünlandfutter unter dem Einfluss von Standort und Bewirtschaftung. Kali-Briefe. 18, 485-510
- KÜHBAUCH, W. (1992): Von der extensiven Grünlandnutzung zur intensiven und zurück. Landesanstalt für Ökologie, Landschaftsentwicklung und Forstplanung Mitteilungen. 3, 48-54
- KUNKEL, G., R. SCHUPPENIES, P. ZUBE und R. PRIEBE (1994): Qualitätsfutter vom Grünland der Niederungsstandorte. Neue Landwirtschaft, Sonderheft Futter. 12-14
- KUNTZE, H. (1988): Nährstoffdynamik der Niedermoore und Gewässereutrophierung. Telma (Hannover). 18, 61-72
- KUTSCHERA, L. und M. SOBOTIK (1981): Gülleflora – Unterschiede durch Klima und Boden. Nutzenanwendung der Pflanzensoziologie in der Praxis. Bericht über die 7. Arbeitstagung "Fragen der Güllerei" Gumpenstein. 79-119
- LARCHER, W. (2001): Ökophysiologie der Pflanzen. -6.Auf. Verl. Eugen Ulmer, Stuttgart
- LEHMANN, J. und E. MEISTER (1982): Die gegenseitige Beeinflussung von Klee und Gräsern bei unterschiedlicher Stickstoffdüngung in Bezug auf Wachstum, Eiweiß- Rohfaser- und Mineralstoffgehalt. Zeitschrift für Acker- und Pflanzenbau. 151, 24-41
- LINDGREN, E. and E.J. LINDBERG (1988): Influence of cutting time and N fertilization on the nutritive value of timothy. 1. Crude protein content, metabolizable energy and energy value determined in vivo vs. in vitro. Swedish J. Agricultural Research. 18, 77-83
- LITTERSKI, B. (2005): Nutzungsgeschichte von Sandstandorten Nordostdeutschlands. In : HAMPICKE, U., B. LITTERSKI und W. WICHTMANN (2005): Ackerlandschaften, Nachhaltigkeit und Naturschutz auf ertragsschwachen Standorten. Berlin. 18-34
- MARRIOTT, C.A., G.R. BOLTON, G.T. BARTHRAM, G.M. FISHER and K. HOOD (2002): Early changes in species composition of upland sown grassland

- under extensive grazing management. *Applied Vegetation Science*. 5, 87-98
- MARTIN, J. (2004): Grenzen und Möglichkeiten der ökologischen Rindfleischherzeugung in Mecklenburg-Vorpommern. *Mitteilungen der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern*. 33
- MENGEL, K. (1991): Ernährung und Stoffwechsel der Pflanze- 7. Auf. Verl. Gustav Fischer, Jena
- MENKE, K.H. (1987): Ernährungsphysiologische Grundlagen, Richtzahlen für die praktische Fütterung. In: MENKE, K.H. & W. HUSS: Tierernährung und Futtermittelkunde. Verl. Eugen Ulmer, Stuttgart, 15-169
- MEYER, H., K. BRONSCH und J. LEIBETSEDER (1993): Supplemente zu Vorlesungen und Übungen in der Tierernährung. M. & H. Schaper Verlag, Alfeld-Hannover
- MILCHUNAS, D.G. and W.K. LAUENROTH (1993): Quantitative effects of grazing on vegetation and soils over a global range of environments. *Ecological Monographs*. 63, 327-366
- MITCHLEY, J. (1988): Control of relative abundance of perennials in chalk grassland in southern England. II. Vertical canopy structure. *Journal of Ecology*. 76, 341-350
- MOTT, N. (1962): Der Einfluss der Schnitthäufigkeit auf Ertrag und Pflanzenbestand der Fuchsschwanzwiese bei unterschiedlicher N- und PK- Düngung. *Bayerische Landwirtschaftliche Jahrbuch*. 39, 311-336
- MOTT, N. (1979): Schlechte Grünlanderträge haben viele Ursachen. *DLG-Mitteilung*. 94, 192-194
- MÜLLER H. L. und M. KIRCHGEßNER (1972): Mengen- und Spurenelementgehalt des Löwenzahns und ihre Abhängigkeit von Wachstumsbedingungen. *Das wirtschaftseigene Futter*. 18, 213-221
- MÜLLER, A. (1985): Auswirkungen langjähriger PK- und NPK Düngung auf Pflanzenbestand und Ertrag in Abhängigkeit vom Standort. *Das wirtschaftseigene Futter*. 31, 150-164
- MÜLLER, H.L., G. VOIGTLÄNDER und M. KIRCHGEßNER (1971): Veränderungen des Gehaltes an Mengenelementen (Ca, Mg, P, Na, K) von Weidegras in

- Abhängigkeit von Wachstumsdauer und Vegetationsperiode. Der wirtschaftseigene Futter. 17, 165-178
- MÜLLER-REH, F. (1972): Untersuchungen über die Mineralstoff- und Spurenelementversorgung beim Pferd. Tierärzte. Hochsch., Dissertation Universität Hannover
- NEHRING, K. (1963): Lehrbuch der Tiernährung und Futtermittelkunde. 7. Auflage Radebeul, Berlin
- NEUBAUER, H. (1976): Der Einfluss gesteigerter Stickstoffdüngung, variierten Schnitthäufigkeit und umbruchloser Regeneration der Grasnarbe auf Pflanzenbestand und Ertrag von Dauerwiesen. Die Bodenkultur. 27, 174-193
- NEUBAUER, H. (1978): Der Einfluss von Stickstoffdüngung, Schnitthäufigkeit und umbruchloser Regeneration der Grasnarbe auf den Nährstoffgehalt und –ertrag von Dauerwiesen. Die Bodenkultur. 29, 40-58
- NIELSEN, A.L. and G.B.K. MARKUSSEN (1996): Ivomd in relation to botanical composition and herbage mass under cutting and graying on organic meadowland. Grassland and land use systems, 16th EGF Meeting, Vol I, S. 531-335
- OOMES, M. und H. MOOL (1985): The effect of management of succession and production of formerly agricultural grassland after stopping fertilization. Münstersche Geographische Arbeiten. 20, 51-57
- OPITZ V. BOBERFELD, W. (1983): Leistungsfähiges Grünland bei intensiver Bewirtschaftung. Vortragsreihe der 36. Hochschultag. Der Landw. Fak. Universität Bonn
- OPITZ V. BOBERFELD, W. (1994): Grünlandlehre. Biologische und ökologische Grundlagen. –Verl. Eugen Ulmer, Stuttgart
- OPITZ V. BOBERFELD, W. (1996): Qualitätsveränderungen einschließlich Mykotoxinproblematik von Primäraufwüchsen einer Glatthaferwiese (*Arrhenatherion elatioris*). Agribiology Research. 49, 52-62
- OPITZ V. BOBERFELD, W. und B. BISKUPEK (1995): Zum Einfluss von interspezifischer Konkurrenz in einer Kleeegrasmischung auf die Futterqualität. J. Agronomy and Crop Science. 175, 355-364

- OPITZ V. BOBERFELD, W. und H. LASER (1999): Einfluss von *Lotus corniculatus* auf die Nutzungselastizität bestandsprägender Gräser der Extensiv-Weiden. Pflanzenbauwissenschaften. 3, 88-93
- PAVLU, V., M. HEJCMAN, L. PAVLU, J. GAISLER, P. NEZERKOVA (2006): Effect of continuous grazing on forage quality, quantity and animal performance. Agriculture, Ecosystems and Environment. 113, 349-355
- PEETERS, A. (1992): Potential and quality of secondary grasses as the basis of sustainable grassland management. Proc. 14th Gen. European Grassland Federation, Lahti, Finland. 522-524
- PETERSEN, A. (1952): Die neue Rostocker Grünlandschätzung Abhandlungen der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin, 3-20
- PETERSEN, A. (1961): Das kleine Gräserbuch für den praktischen Landwirt und seine Berater. Akademie-Verlag. Berlin
- PHILLIPS, C.J.C. (2001): Principles in cattle production. CAB International, Wallingford, UK
- PÖTSCH, E.M. (2009): Einflussfaktoren auf Ertrag und Qualität von Grünlandfutter, Tierärztetagung, 5-14
- REISCH, E. (1990): Extensive Grünlandbewirtschaftung durch Tierhaltung. KTBL- ALB- Vortragstagung anlässlich der KTBL- Tage 1990 in Würzburg
- REUTER, G. (1976): Gelände- und Laborpraktikum der Bodenkunde. 3. verb. Aufl. - Berlin: Dtsch. Landw. Verlag
- RIEDER, J.B. (1983): Dauergrünland. BLV-Verlag, München
- RIEDER, J.B. (1988): Zur langjährigen Wirkung der Stickstoff, Phosphor und Kalium Düngung auf Ertrag, Futterqualität, Pflanzenbestand und Nährstoffstatus des Bodens bei extensiver Nutzung. Das wirtschaftseigene Futter. 34, 5-14
- RINNE, K. (1976): The chemical composition of pasture herbage affected by different levels of nitrogen fertilization. The Scientific Agricultural Society of Finland. 48, 305-316
- ROSCHKE, M., L. BÖHM, S. KOHLMÜLLER, K. KRÜGER, J. PICKERT, A. WURBS, W. HIEROLD und H. PESCHKE (2000): Rahmenempfehlungen zur Düngung 2000 im Land Brandenburg. <http://www.brandenburg.de/cms/media.php-/lbm1.a.2331.de/duengbro.pdf>

- ROTH, K. und M. KIRCHGESSNER (1972): Zur Aufnahme an Mengenelementen (P, Ca, Mg, Na, K) von Milchkühen auf der Weide. Das wirtschaftseigene Futter. 18, 205-212
- ROTHMALER, W. (2009): Exkursionsflora von Deutschland. Gefäßpflanzen. Bd. 3, Akademischer Verlag Heidelberg
- SCHARRER, K. und K. KÜRSCHNER (1981): Biedermanns Zentralbl. f. Agrikultur-Chemie, Abt. B, Tierernährung. 3, 302
- SCHIEFER, J. (1984): Möglichkeiten der Aushagerung von nährstoffreichen Grünlandflächen. Veröff. Naturschutz Landschaftspflege Bad. Württ. B. 57/58, S. 33-62
- SCHMIDT, A. (1992): Untersuchungen zur Anbaueignung perennierender Futtergräser für Mähweide- und Schnittnutzung auf Niederungsgrünland unter besonderer Berücksichtigung neuen Zuchtmaterials. Dissertation Universität Rostock
- SCHMIDT, E. (1997): Umweltbundesamt, Nachhaltiges Deutschland; Wege zu einer dauerhaft-umweltgerechten Entwicklung, Berlin, S. 356
- SCHUBIGER, F.X. und J. LEHMANN (1995): Futter von wenig intensiv genutzten Wiesen. Agrarforschung. 2, 223-226
- SCHUPPENIES, R. (1995): Die Bedeutung der Kaliumdüngung auf Niedermoorgrünland. 39. Jahrestagung der AG Grünland und Futterbau der Pflanzenbaugesellschaft in Freising-Weihenstephan
- SCHUPPENIES, R., B. GREINER, F. HERTWIG, H. HOCHBERG und G. RIEH (2005): Ergebnisse aus siebenjährigen Phosphor- und Kaliumdüngungsversuchen auf ostdeutschen Grünlandorten. Jahrestagung AG Grünland und Futterbau. 49, 99-102
- SCIMONE, M., R.E.N. SMITH, J.P. GAREL and N. SAHIN (2007): Effects of livestock breed and stocking rate on sustainable grazing systems: 3. Effects on vegetation diversity. Grass and Forage Science. 62, 172-184
- SIMON, W. (1960): Sandige Ackerböden. Bodenkunde, Pflanzenbau, Ökonomie. VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin.
- SPATZ, G. (1988): Ergebnisse aus dem Grünlandextensivierungsversuch am Versuchsgut der Universität Göttingen in Dassel-Relliehausen. KTBL-Arbeitspapier 131, Auswirkungen von Naturschutzaufgaben auf die Grünlandbewirtschaftung. 36-44

- SPATZ, G. und A. BAUMGARTNER (1990): Zur Bewertung der Grünlandkräuter als Futterpflanzen. Das Wirtschaftseigene Futter. 36, 79-91
- STÄHLIN, A. (1969): Grenzen der intensiven Grünlanddüngung insbesondere mit Stickstoff. Die Bodenkultur. 20, 395-412
- STÄHLIN, A. und H. TIRTAPRADJA (1974): Ein Vergleich von Rohrschwingel (*Festuca arundinacea*) und Wiesenschwingel (*Festuca pratensis*) in chemischer Hinsicht. J. Agronomy and Crop Science. 140, 100-116
- STEBLER, F.G. und C. SCHRÖTER (1982): Beiträge zur Kenntnis der Matten und Weiden der Schweiz. Versuch einer Übersicht über die Wiesentypen der Schweiz. Landwirtschaftliche Jahrbuch. 6, 95-212
- TALLOWIN, J.R.B. and R.G. JEFFERSON (1999): Hay production from lowland semi-natural grasslands: a review of implications for ruminant livestock systems. Grass and Forage Science. 54, 99-115
- TERÖRDE, H. (1997): Untersuchungen zur Nähr- und Mineralstoffversorgung von Mutterkühen auf ausgesuchten Standorten in Mecklenburg- Vorpommern. Vet.-med.-Diss. Journal-Nr.2057, Berlin Freie Universität
- TESCH, A. (1992): Grundlagen und Bedingungen der Feuchtgrünlandextensivierung aus vegetationskundlicher Sicht. Zeitschrift für Kulturtechnik und Landentwicklung. 33, 169-177
- THOMET, P. und J. NÖSBERGER (1982): Einfluss differenzierter Nutzungshäufigkeit auf die botanische Zusammensetzung von Dauerweiden im Schweizer Jura. Das wirtschaftseigene Futter. 28, 73-83
- THOMET, P. und W. SCHMIDT (1987): Einfluss der Düngung auf den futterbaulichen Wert einer Heumatte im Solothurner Jura. Die Grüne. 115, 14-17
- THOMET, P., R. ELMER und F. ZWEIFEL (1989): Einfluss der Stickstoffdüngung und des Schnittregimes auf Pflanzenbestand und Ertrag von Naturwiesen höherer Lagen. Landwirtschaft Schweiz. 2, 67-75
- TIMLING, I., H. KÄDING und R. BOCKHOLT (1997): Erträge und Nährstoffgehalte des Weidefutters auf Grundwassersandgrünland. Mitt. Gesellschaft Pflanzenbauwissenschaft. 10, 203-204
- TITZE, A. (2005): Grunddüngung und Futterqualität auf Grünland, Bioparkzeitung, Heft 4, S. 6
- TITZE, E. (1994): Profilaufnahme, schriftliche und mündliche Mitteilungen

- TOMASIK, J. and O. TOMKA (1977): Productivity of a natural grass stand at different cutting frequency. Proceedings of the XIII. International Grassland Congress, Vol. II, S. 823-825
- TRACY, B.F. and M.A. SANDERSON (2004): Forage productivity, species evenness and weed invasion in pasture communities. Agriculture, Ecosystems and Environment. 102, 175-183
- VAN RÜTH, P. (2003): Ökologische Dienstleistung Gemüseabonnement: Untersuchung eines Handlungskonzeptes zur nachhaltigen Gestaltung des Bedürfnisfeldes Ernährung auf ökologische und soziale Rahmenbedingungen und Folgen, Dissertation Universität Berlin
- VAN WINGERDEN, W.K.R.E., A.R. VAN KREVELD and W. BONGERS (1992): Analysis of species composition and abundance of grasshoppers (Orth., Acrididae) in natural and fertilized grasslands. Journal of Applied Entomology. 113, 138-152
- VDLUFA (1991): Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten. Methodenbuch - Die Untersuchung von Böden, Band 1. VDLUFA-Verlag, Darmstadt.
- VDLUFA (1997): Methodenbuch Band III, 4. Ergänzung, VDLUFA-Verlag, Darmstadt.
- VERCH, G. (1993): Veränderung der Massenbildung, der Futterqualität und der botanischen Zusammensetzung von Pflanzenbeständen unter dem Einfluss extensiver Wiesennutzung. Dissertation Universität Bonn
- VOIGTLÄNDER, G. (1987): Einführung in den Futterbau – Umfang, Formen und Leistung. In: VOIGTLÄNDER, G. und H. JACOP (Hrsg.): Grünlandwirtschaft und Futterbau – Verl. Eugen Ulmer, Stuttgart. 17-76
- VOIGTLÄNDER, G. und H. JAKOB (1987): Grünlandwirtschaft und Futterbau, Ulmer Verl. Eugen Ulmer, Stuttgart
- VOIGTLÄNDER, G. und W. KÜHBAUCH (1978): Factors constraining animal production in grazing management. 7th Gen. Meeting European Grassland Federation.
- VOIGTLÄNDER, G., und F. MÄDEL (1981): Wirkung gesteigerter N-Gaben mit und ohne Beregnung auf Ertrag, Pflanzenbestand und Futterqualität von mehrjährigem Weißklee gras. Das wirtschaftseigene Futter. 27, 89-103

- WATT, T.A., J.R. TREWWK and F.S. WOOLMER (1996): An experimental study of the impact of seasonal sheep grazing on formerly fertilized grassland. *J. Vegetation Science*. 7, 535-542
- WEBER, G.E., F. JELTSCH, N. VAN ROOYEN and S.J. MILTON (1998): Simulated long-term vegetation response to grazing heterogeneity in semi-arid rangelands. *Journal of Applied Ecology*. 35, 687-699
- WEISSBACH, F., S. KUHLA, L. SCHMIDT und A. HENKELS (1999): Schätzung der Verdaulichkeit und der Umsetzbaren Energie von Gras und Grasprodukten. *Proceedings of the Society of Nutrition Physiology*. 8, 72
- WERNER, A. (1949): Richtig füttern. Deutscher Bauernverlag, Berlin
- WETZEL, M. (1966): Zum der Quecke (*Agropyron repens*) auf intensiv bewirtschafteten Grünland. *Das wirtschaftseigene Futter*. 12, 43-56
- WETZEL, M. (1966): Zum Problem der Quecke (*Agropyron repens*) auf intensiv bewirtschaftetem Grünland. *Das wirtschaftseigene Futter*. 12, 43-56
- WHITEHEAD, D.C. (2000): Nutrient Elements in Grassland, Soil- Plant- Animal- Relationships. CAB International, Wallingford, UK
- WILMANN, O. (1993): Ökologische Pflanzensoziologie. 5. Aufl., Quelle und Meyer Verlag Heidelberg
- WINKLER, L. und J. NÖSBERGER (1985): Einfluss der Schnitthäufigkeit und N-Düngung auf die Bestandesstruktur und die vertikale Verteilung von Weißklee (*Trifolium repens* L.) in einer Dauerwiese. *Zeitschrift Acker- und Pflanzenbau*. 155, 43-50
- WÖHLBIER, W. und M. KIRCHGESSNER (1957): Der Gehalt von einzelnen Gräsern, Leguminosen und Kräutern an Mengen- und Spurenelementen. *Landwirtschaftliche Forschung*. 10, 240-251
- WYSS, U. und J. KESSLER (2002): Bewirtschaftung beeinflusst Mineralstoffe im Gras. *Agrarforschung*. 9, 292-297
- WYSS, U. (2002): Bewirtschaftung beeinflusst Nährwert von Gras (The intensity of grassland management influences the nutrient content of grass). *Agrar Forschung*. 9, 286-291
- ZÜRN, F. (1951): Der Nährstoff- und Mineralstoffgehalt von Gräsern, Leguminosen und Kräutern. *J. Agronomy and Crop Science*. 93, 444-463
- ZÜRN, F. (1968): Einfluss der Ansaatmethode und Düngung auf die Entwicklung und Erträge von Wechsel- und Dauergrünland. *Die Bodenkultur*. 16, 76-94

8 Thesen

Schnitt- und Weidenutzung unterscheiden sich durch unterschiedliche Nutzungstermine und unterschiedliche Nährstoffsituationen, da auf den Weideflächen eine sofortige Rückführung von Nährstoffen über die Exkremente der Weidetiere erfolgen:

Boden

Auf zuvor intensiv genutzten Flächen führt der Verzicht auf Düngung auf Niedermoorgrünland bei Schnittnutzung zu einer schnellen Reduzierung der K-Gehalte im Boden, bei Weidenutzung zu einem schnellen Anstieg der K-Gehalte des Bodens. Auf Mineralbodengrünland führt der Verzicht auf Düngung bei Schnitt- und bei Weidenutzung zu einer differenzierten Reduzierung der K-Gehalte. Die P-Gehalte des Bodens bleiben bei Verzicht auf Düngung nach 7 bis 8 jähriger Extensivierung auf beiden Standorten bei beiden Nutzungsformen nach der Doppellaktatmethode ohne nachweisliche Veränderung. Die Differenzierung der K-Gehalte ist nach der Doppellaktatmethode zwischen Schnitt- und Weidenutzung auf dem Niedermoor extrem hoch.

Botanische Zusammensetzung

Nach 7 bis 8 jähriger Extensivierung siedeln sich bodenständige Pflanzenarten in Abhängigkeit von Boden, Wasserhaushalt, Nutzungsfrequenz und Düngungsvarianten an. Die botanische Biodiversität ist auf dem etwas trockenen und N-ärmeren Mineralbodengrünland höher als auf dem Niedermoorgrünland. Zwischen Schnitt- und Weidenutzung bestehen auf den Versuchsstandorten gegenläufige Relationen. Bei vollständig vergleichbarer Versuchsanstellung auf dem Niedermoor erreicht die nährstoffärmere Schnittnutzung höhere Artenzahlen und stärkere Differenzierung. Bei nicht völlig vergleichbarer Versuchsanstellung auf Mineralboden erreicht die Weidenutzung höher Artenzahlen und stärkere Differenzierung als die durch wiederholte Neuansaat gestörte Grassnarbe der Schnittnutzung. Höchste Artenzahlen treten in den Varianten „ohne Düngung“ und „org. Düngung“) auf.

TM-Ertrag

Der Trockenmasseertrag des Grünlandes wird vom Standort, Jahreswitterung, Grundwasserniveau, von der Düngung sowie von Nutzung beeinflusst. Bei Neuansaat auf Mineralbodengrünland hat das Alter der Neuansaat zusätzlichen Einfluss. Nach dem Ergebnis mehrfacher multivariater Regressionsanalysen wirken auf Mineralbodengrünland bei Schnitt- und Weidenutzung die klimatische Wasserbilanz im April, Mai, Juni, Juli (positiv), die Temperaturen von Januar-März (positiv), die N-Düngung und die P-Düngung (positiv), wirken auf dem Niedermoorgrünland bei Schnitt- und bei Weidenutzung die klimatische Wasserbilanz im Januar-März, April-Mai, Juni-Juli (positiv), der Grundwasser-Flurabstand (wechselnd aber im August-September negativ), die Globalstrahlung (negativ), die K- und N-Düngung (positiv).

Im Vergleich zur ehemals intensiven Nutzung erfolgt nach der Extensivierung eine Ertragsreduzierung um 12-31% auf dem Niedermoorgrünland bzw. um 40-80% auf dem Mineralbodengrünland (Tab. 1).

Tab. 1: Der Ertrag unter intensiver und extensiver Nutzung

Faktor	Düngung kg ha⁻¹	dt TM ha⁻¹
8jährige intensive Nutzung		
(1981-1988 nach TITZE 1994)	50 P, 200 K, 0-300 N	Niedermoor 100
8jährige extensive Nutzung		
ohne Düngung, 26-60 P, 150 K, 150 N (1999-2006)		
3-Schnittnutzung	ohne Düngung	69
	gedüngt (Mittel der Varianten)	88
3-4 Weidenutzung	ohne Düngung	59
	gedüngt (Mittel der Varianten)	69
3jährige intensive Nutzung		
(1969-1971 nach BAATH 1969)	286 N	Mineralboden 104
	320 N	111
7jährige extensive Nutzung		
ohne Düngung, 26-60 P, 150 K, 150 N (2000-2006)		
3-Schnittnutzung	ohne Düngung (2001-2003)	48
	ohne Düngung (2005-2006)	57
	gedüngt (Mittel der Varianten, 2001-2003)	64
	gedüngt (Mittel der Varianten, 2005-2006)	54
3-4 Weidenutzung	ohne Düngung (2001-2003)	48
	ohne Düngung (2005-2006)	31
	gedüngt (Mittel der Varianten, 2001-2003)	52
	gedüngt (Mittel der Varianten, 2005-2006)	34

Unter den Bedingungen der „naturschutzgerechte Grünlandnutzung“ (=ohne Düngung) und des „ökologischen Landbaues“ (=erlaubte PK-Düngung) sind auf dem Niedermoorgrünland noch regelmäßig Schnittwürdige Futtererträge in jährlich 3 Aufwüchsen zu erwarten, während auf Mineralbodengrünland nur selten mehrere schnittwürdige Aufwüchsen erreicht werden. Alleinige P-Düngung wirkt in keinen Fall signifikant positiv, alleinige K-Düngung wirkt nur bei Schnittnutzung auf Niedermoor positiv, alleinige N-Düngung (auf Mineralboden nicht geprüft) wirkt nur bei Weidenutzung auf Niedermoor (positiv).

Mineralische Kombinationsdüngung N+K ist auf Niedermoorgrünland am ertragswirksamsten, Kombinationsdüngung NPK ist auf Mineralbodengrünland am ertragswirksamsten. Mineralische N-Düngung ist in finanziell geförderten Extensivnutzungsprogrammen nicht erlaubt. Zwischen vergleichbaren P- und K-Düngemitteln, die im ökologischen Landbau zugelassen sind und vergleichbaren P und K-Düngemitteln, die im konventionellen Landbau zugelassen sind, gibt es bei Grünlandnutzung auf den geprüften Standorten keine signifikant verschiedene Wirkung auf den TM-Ertrag.

Zwischen Schnitt- und Weidenutzung bestehen auf beiden Standorten klare Ertragsnachteile der Weidenutzung (rel. im Mittel der Jahre 65-85% des TM-Ertrags der Schnittnutzung), die unter den Bedingungen des Verzichts auf Düngung auf Niedermoorstandorten am geringsten sind. Somit hat die Weidenutzung nur in einigen für Weidenutzung günstigen Jahren (z.B. 2006) und nur auf Niedermoor Ertragsvorteile. Ohne Düngung ergeben sich bei Schnittnutzung negative Ertragstrends auf beiden Standorten, bei Weidenutzung jedoch keine oder positive Ertragstrends. Daraus ist zu schließen, dass die Bodenfruchtbarkeit bei Weidenutzung auch ohne Düngung langfristig erhalten oder gesteigert werden kann.

Futterqualität, Nährstoffumsatz und Nährstoffentzug

Bei Weidenutzung wird gegenüber der Schnittnutzung eine deutliche höhere Futterqualität erreicht (rel. 115% ELOS, 115-170% N, 105-110% NEL, 100-120% P, 130-140% K). Ohne Düngung wird aufgrund reduzierten Wachstums eine geringfügig höhere Futterqualität erreicht als bei NPK-Düngung, nach 7-8 Jahren Extensivierung ist keine Qualitätsminderung zu erwarten.

Nach Berechnung des Nährstoffertrages je ha bleibt die auf den mittleren Ertrag der Jahre bezogene Überlegenheit der Schnittnutzung gegenüber der Weidenutzung sowohl auf Mineralbodengrünland als auch auf Niedermoorgrünland erhalten, jedoch ist die Weidenutzung auf Niedermoorgrünland relativ besser als auf Mineralbodengrünland. Der mittlere Jahresumsatz an Pflanzennährstoffen ist bei Weidenutzung in Bezug auf die K-Mengen und N-Mengen (kg ha^{-1}) auf Niedermoorgrünland höher als bei Schnittnutzung auf Mineralbodengrünland aber im Bezug auf K-Mengen.

9 Anhang

Tabellen- und Abbildungsverzeichnis

Tabelle A1: Bodentyp und landwirtschaftliche Bewertung des Versuchstandortes (auf Niedermoor, Wiederholung A).....	137
Tabelle A2: Bodentyp und landwirtschaftliche Bewertung des Versuchstandortes (auf Niedermoor, Wiederholung C)	138
Tabelle A3: Bodentyp und landwirtschaftliche Bewertung des Versuchstandortes (auf Mineralboden)	139
Tabelle A4: Wetterdaten von Groß-Lüsewitz.....	140
Tabelle A5: Bodennährstoffgehalte bei Schnitt- und Weidenutzung auf Niedermoor	141
Tabelle A6: Botanische Zusammensetzung (%) bei Schnitt- bzw. Weidenutzung auf Niedermoor	142
Tabelle A7: Botanische Zusammensetzung (%) auf Niedermoor in Abhängigkeit von Düngung	143
Tabelle A8: TM-Erträge der Aufwüchse bei Schnittnutzung auf Niedermoor	144
Tabelle A9: Varianzanalyse der jährlichen TM-Erträge bei Schnittnutzung auf Niedermoor	145
Tabelle A10: TM-Erträge der Aufwüchse bei Weidenutzung auf Niedermoor	146
Tabelle A11: Varianzanalyse der jährlichen TM-Erträge bei Weidenutzung auf Niedermoor	147
Tabelle A12: Wuchshöhen des Bestandes in den Einzeljahren bei Schnittnutzung auf Niedermoor	148
Tabelle A13: Wuchshöhen in den Einzeljahren bei Weide (Niedermoor)	149
Tabelle A14: Mineralstoffgehalte des Erntegutes in den Einzeljahren bei Schnittnutzung auf Niedermoor	150
Tabelle A15: Mineralstoffgehalte des Erntegutes in den Einzeljahren bei Weidenutzung auf Niedermoor	152
Tabelle A16: Bodennährstoffgehalte bei Schnitt- und Weidenutzung auf Mineralbodengrünland	153
Tabelle A17: Botanische Zusammensetzung (%) bei Schnitt- bzw. Weidenutzung auf Mineralbodengrünland	154

Tabelle A18: Botanische Zusammensetzung (%) auf Mineralbodengrünland in Abhängigkeit von Düngung	156
Tabelle A19: TM-Erträge der Aufwüchse bei Schnittnutzung sowie Varianzanalyse der Jahreserträge auf Mineralbodengrünland.....	158
Tabelle A20: TM-Erträge der Aufwüchse bei Weidenutzung sowie Varianzanalyse der Jahreserträge auf Mineralbodengrünland.....	160
Tabelle A21: Wuchshöhen des Bestandes in den Einzeljahren bei Schnittnutzung auf Mineralbodengrünland.....	162
Tabelle A22: Wuchshöhen des Bestandes in den Einzeljahren bei Weidenutzung auf Mineralbodengrünland	163
Tabelle A23: Mineralstoffgehalte des Erntegutes in den Einzeljahren bei Schnittnutzung auf Mineralbodengrünland.....	164
Tabelle A24: Mineralstoffgehalte des Erntegutes in den Einzeljahren bei Weidenutzung auf Mineralbodengrünland	166
 Abbildung A1: Grundwasserganglinie auf Niedermoorgrünland im Versuchsverlauf	 167

Tabelle A1: Bodentyp und landwirtschaftliche Bewertung des Versuchstandortes (auf Niedermoor, Wiederholung A)

Titeldaten				
Profil-Nr	Datum der Aufnahme	Bearbeiter	Ort	Höhe über NN
2	04.05.2007	Prof. Bockholt & Alabsi	Petschow (A)	26 m

Aufnahmesituation						
Hangneigung		Wölbung	Nutzung	Vegetation und Bedeckungsgrad	Witterung	Wasserstufe
In Grad	in %	WS1	Schnittnutzung	FP	WT1	3+
0,5 bis <1	1 bis < 2					
						Feuchtezahl 6,78

Horizontbezogene Daten									
Lfd. Nr.	Horizontgrenzen		Horizontsymbol	Bodenfarbe	org. Masse	TS %	Boden feuchte	Durchwurzelungsintensität	
	grenze (cm)	Form, Schärfe, Lage						Feinwurzeln	Grobwurzeln
1	0-25	w, de, h	Hv	2,5YR 3/6	50,4% h7	79,40%	feu 3	Wf3	Wg1
2	25-70	w, de, h	Hr	10YR 2/1	86,7% h7	56,06%	feu 4	Wf1	Wg0
3	70-100	e, sc, h	Hw	10YR 3/1	89,1% h7	73,08%	feu 5	Wf0	Wg0

Bodenform	
Klasse:	K
Typ:	KV (Erdniedermoor)
Subtyp:	KV/c (kalkerdniedermoor)

WS1: sehr schwach gewölbt

FP: Futterpflanzen

WT1: kein Niederschlag innerhalb des letzten Monats

w: wellig

e: eben

de: deutlich

sc: scharf

h: horizontal

Hcv: Hv-Horizont, mit erkennbarer sekundärer Anreicherung von Carbonaten

Hcw: Hw-Horizont, mit erkennbarer sekundärer Anreicherung von Carbonaten

Wasserstufe: nach PETERSEN (1952)

Feuchtezahl: nach ELLENBERG (1991)

Wf3: mittel 6 bis 10 Wurzeln / dm²

Wf1: sehr schwach

Wf0: keine Wurzeln

Wg1: sehr schwach

Wg0: keine Wurzeln

Ls: Lehmiger Sand

c3.3: mittel carbonathaltig

c3.4: stark carbonathaltig

feu3: feucht

feu4: sehr feucht

feu5: nass

Hcr: Hr-Horizont, mit erkennbarer sekundärer Anreicherung von Carbonaten

h7: organisch, Torf (Humus in Masse ≥ 30%)

Tabelle A3: Bodentyp und landwirtschaftliche Bewertung des Versuchstandortes (auf Mineralboden)

Titeldaten			
Profil-Nr	Datum	Bearbeiter	Ort
1	25.04.2007	Prof. Bockholt & Alabsi	Stover Acker
			Höhe über NN
			45 m

Aufnahmesituation						
Hangneigung		Wölbung	Nutzung	Vegetation	Witterung	Wasserstufe
In Grad	in %	WS1	Schmittnutzung	FP	WT1	1/2 ±
2 bis < 3	3,5 bis < 5					5,06

Horizontbezogene Daten											
Lfd. Nr.	Horizontgrenzen		Horizontsymbol	Bodenfarbe	org. Masse	TS %	Boden feuchte	Durchwurzelungsintensität		Bodenart	Grobskelett
	grenze (cm)	Form, Schärfe, Lage						Feinwurzeln	Grobwurzeln		Carbonatgehalt
1	0-37	w, de, H	Ah	7,5YR 4/6	2,47%	99,27	feu 1	Wf3	Wg1	Sl2	2,62%
2	38-63	w, de, H	Bv	7,5 YR 5/4	1,29%	99,46	feu 2	Wf1	Wg0	Su2	3,39%
3	bis 100	e,sc, h	C	10 YR 6/3	1,32%	98,78	feu 3	Wf0	Wg0	Su3	2,03%

Klasse:

Typ:

Subtyp:

Bodenform

B (Braunerden)

BB (Braunerde)

BBn (Normbraunerde) Ah / Bv / C

WS1: sehr schwach gewölbt

FP: Futterpflanzen

WT1: kein Niederschlag innerhalb des letzten Monats

w: wellig

e: eben

de: deutlich

sc: scharf

h: horizontal

Ah: Mineralischer Horizont (A: Oberbodenhorizont, h: humos

h2: schwach humos

h0: humusfrei

Wasserstufe: nach PETERSEN (1952)

Feuchtezahl nach ELLENBERG (1991)

Wg0: keine Wurzeln

Ls: Lehmiger Sand

c0: carbonatfrei (keine Reaktion)

feu1: trocken

feu2: schwach feucht

feu3: feucht

Wf3: mittel 6 bis 10 Wurzeln / dm²

Wf1: sehr schwach

Wf0: keine Wurzeln

Wg1: sehr schwach

Tabelle A4: Wetterdaten von Groß-Lüsewitz

Jahr	Daten	Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	September	Oktober	November	Dezember	Jahressumme bzw. Jahresmittel
1999	Mittel °C	2,5	1	4,5	8,4	11,5	14,6	18,4	17	16,2	8,7	4,4	2,4	9,1
	mm Niederschlag	40,9	46	59,6	52,5	55,2	86	30,7	73,2	24,1	53,1	25,5	129,6	676
	Verdunstung (mm)	10,4	16,8	31,7	61,2	83	93,2	78,4	54,1	37,6	35,4	12	24	538
	KWB = Nie-Verd.(mm)	30,5	29,2	27,9	-8,7	-27,8	-7,2	-47,7	19,1	-13,5	17,7	13,5	105,6	139
2000	Mittel °C	1,8	3,7	4,3	9,4	13	15,3	14,8	15,8	13,1	10,8	5,9	3,1	9,3
	mm Niederschlag	47	67	64	25	81	86	73	63	93	27	44	35	705
	Verdunstung (mm)	12,9	23,4	37,1	45,2	78,9	93,8	70,4	68,5	55,7	26,2	14,3	10,2	537
	KWB = Nie-Verd.(mm)	34,1	43,6	26,9	-20,2	2,1	-7,8	2,6	-5,5	37,3	0,8	29,7	24,8	168
2001	Mittel °C	0,8	1	1,8	6,4	12,6	13,2	17,3	17,6	12,2	11,8	4,6	0,4	8,3
	mm Niederschlag	25	44	57	68	48	81	36	129	161	24	44	62	779
	Verdunstung (mm)	5,2	8,7	24,5	44,6	85,1	87,3	88,6	67,7	48,4	22,6	17,1	8	508
	KWB = Nie-Verd.(mm)	19,8	35,3	32,5	23,4	-37,1	-6,3	-52,6	61,3	112,6	1,4	26,9	54	271
2002	Mittel °C	2,3	4,5	4,6	7,3	13,3	15,9	17,8	19,6	14,4	7,2	3,7	-1,7	9,1
	mm Niederschlag	58	100	41	64	68	120	72	62	76	84	60	16	821
	Verdunstung (mm)	14,1	26	36,9	40,2	77,5	112,7	95,8	64,1	39,1	32,8	14,3	4,6	558
	WB = Nie-Verd.(mm)	43,9	74	4,1	23,8	-9,5	7,3	-23,8	-2,1	36,9	51,2	45,7	11,4	263
2003	Mittel °C	-0,1	-2,2	3,6	7,9	13,2	17,2	18,6	18,5	14,3	5,8	6,4	3	8,9
	mm Niederschlag	50	6	15	35	59	61	69	47	44	58	28	50	522
	Verdunstung (mm)	10,2	5,3	26,5	38,6	74	93,8	80,1	43,7	39,6	31,3	10,3	14,4	468
	KWB = Nie-Verd.(mm)	39,8	0,7	-11,5	-3,6	-15	-32,8	-11,1	3,3	4,4	26,7	17,7	35,6	54
2004	Mittel °C	-1	2,3	4,3	8,7	11,8	14,1	15,8	18	13,5	9,5	4,8	3	8,7
	mm Niederschlag	75	74	29	36	25	92	112	63	64	47	54	42	713
	Verdunstung (mm)	18,6	27,5	32,1	54,5	61	72,2	81,7	66,5	54,5	25,3	19,9	10,4	524
	KWB = Nie-Verd.(mm)	56,4	46,5	-3,1	-18,5	-36	19,8	30,3	-3,5	9,5	21,7	34,1	31,6	189
2005	Mittel °C	2,4	-0,3	1,6	8	11,9	14,6	17,9	15,7	14,6	10,7	4,3	1,5	8,6
	mm Niederschlag	55	73	51	16	82	78	110	57	51	56	37,5	89	756
	Verdunstung (mm)	21,5	10,8	33,8	39,3	102,5	127	82,4	49,3	32,9	28,3	10	14	552
	KWB = Nie-Verd.(mm)	33,5	62,2	17,2	-23,3	-20,5	-49	27,6	7,7	18,1	27,7	27,5	75	204
2006	Mittel °C	-2,9	0	-0,2	7	12,1	16,1	20,8	16,7	16,6	11,9	7,1	6	9,3
	mm Niederschlag	19,9	70,6	51,3	41,7	60,9	52,7	13,4	165,1	36,7	45,3	77,8	40,3	676
	Verdunstung (mm)	3	21	17	43	85	116	47	65	51	28	26	14	516
	KWB = Nie-Verd.(mm)	16,9	49,6	34,3	-1,3	-24,1	-63,3	-33,6	100,1	-14,3	17,3	51,8	26,3	160

Tabelle A5: Bodennährstoffgehalte bei Schnitt- und Weidenutzung auf Niedermoor (VDLUFA Rostock)

Düngung	pH-Wert				P ₂ O ₅ (mg 100 ⁻¹ g Boden)				K ₂ O (mg 100 ⁻¹ g Boden)				Mg (mg 100 ⁻¹ g Boden)			
Schnittnutzung	1998	2001	2004	2006	1998	2001	2004	2006	1998	2001	2004	2006	1998	2001	2004	2006
D1= Ohne D.	5,8	5,7	5,9	5,8	9	11	12	9	20	14	18	12	55	51	57	50
D2= N		5,7	5,8	6		9	11	12		12	14	14		47	57	59
D3= P		5,7	6,1	5,9		11	14	13		16	13	15		50	51	52
D4= K 1		5,8	5,9	5,8		9	10	8		29	28	20		55	57	54
D5= K 2		5,7	5,7	5,8		9	9	7		16	17	44		64	82	77
D6= NK		5,6	5,5	5,7		9	10	10		17	19	25		56	58	57
D7=PK 1		5,7	5,4	5,8		12	18	12		19	23	25		52	55	46
D8= PK 2		5,7	5,5	5,6		14	18	13		22	30	35		72	79	70
D9= PK 3		5,8	5,6	5,9		16	24	12		13	22	20		51	51	48
D10= NP		5,6	5,4	5,5		16	20	17		14	14	12		53	52	52
D11= NPK 1		5,6	5,9	5,4		13	14	14		25	18	18		60	52	48
D12=NPK 2		5,5	4,9	5		12	14	14		19	30	20		52	41	43
Gesamt. Schnitt	5,8	5,7	5,6	5,7	9	12	15	12	20	18	21	22	55	55	58	55
Weidenutzung																
D1= Ohne D.	5,8	5,8	5,9	5,9	9	7	8	10	20	37	40	107	55	60	63	63
D2= N		5,9	5,9	6		8	10	7		37	43	55		60	67	69
D3= P		5,8	5,8	5,8		6	12	13		40	26	33		49	58	60
D4= K 1		5,7	5,7	5,8		8	8	6		43	78	80		55	64	61
D5= K 2		5,8	5,6	5,7		6	9	8		42	83	91		53	76	92
D6= NK		5,7	5,7	5,8		8	11	14		60	78	101		59	68	70
D7=PK 1		5,7	6	5,8		9	16	14		66	103	90		58	61	61
D8= PK 2		5,7	5,6	5,6		11	16	21		73	144	124		63	88	88
D9= PK 3		5,7	5,5	5,7		7	15	25		36	116	100		54	63	73
D10= NP		5,8	6	5,3		8	16	22		35	47	117		56	64	66
D11= NPK 1		6	5,5	5,7		9	14	12		52	91	68		55	62	56
D12=NPK 2		5,8	5,2	5,4		9	11	14		64	66	84		54	45	56
Gesamt. Weide	5,8	5,8	5,7	5,7	9	8	12	14	20	49	76	88	55	56	65	68
Gesamtmittel	5,8	5,7	5,7	5,7	9	10	13	13	20	33	48	55	55	56	61	61

Tabelle A6: Botanische Zusammensetzung (%) bei Schnitt- bzw. Weidenutzung auf Niedermoor (Mittel aus den Jahren 2005 u. 2006)

Deutscher Name	Botanischer Name	Schnitt	Weide	Sig.	Gesamt-Mittel
		2005-2006	2005-2006		
Gräser		69,1	77,0	***	73,1
Gemeine Rispe	<i>Poa trivialis</i>	23,4	26,7	n.s.	25,1
Wiesenrispe	<i>Poa pratensis</i>	10,2	14,5	*	12,4
Knickfuchsschwanz	<i>Alopecurus geniculatus</i>	5,7	10,2	***	7,99
Welsches Weidelgras	<i>Lolium multiflorum</i>	14,1	0,3	***	7,15
Gemeine Quecke	<i>Elytrigia repens</i>	7,1	6,3	n.s.	6,71
Knautgras	<i>Dactylis glomerata</i>	2,7	0,001	***	1,36
Behaarte Segge	<i>Carex hirta</i>	0,85	1,05	n.s.	0,95
Flutender Schwaden	<i>Glyceria fluitans</i>	0,87	0,15	n.s.	0,51
Rohrglanzgras	<i>Phalaris arundinacea</i>	0,77		n.s.	0,38
Wiesenlieschgras	<i>Phleum pratense</i>	0,43	0,14	n.s.	0,28
Wiesen Fuchsschwanz	<i>Alopecurus pratensis</i>	0,21	0,23	n.s.	0,22
Weißes Straußgras	<i>Agrostis stolonifera</i>	0,14		n.s.	0,07
Rasen Schmieie	<i>Deschampsia cespitosa</i>	0,001		n.s.	0,001
Wiesen-Schwingel	<i>Festuca pratensis</i>	0,001		n.s.	0,001
Kräuter		28,7	14,7	***	21,7
Löwenzahn	<i>Taraxacum officinale</i>	10,7	6,9	**	8,82
Kriechender Hahnenfuß	<i>Ranunculus repens</i>	11,5	3,3	***	7,42
Vogelmiere	<i>Stellaria media</i>	2,5	1,6	n.s.	2,05
Stumpfbältriger Ampfer	<i>Rumex obtusifolius</i>	1,6	1,7	n.s.	1,63
Große Brennnessel	<i>Urtica dioica</i>	0,8	0,0	*	0,41
Gewöhnliches Hirtentäschel	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	0,4	0,3	n.s.	0,34
Krauser Ampfer	<i>Rumex crispus</i>	0,11	0,49	*	0,30
Gundermann	<i>Glechoma hederacea</i>	0,51		n.s.	0,25
Rote Taubnessel	<i>Lamium purpureum</i>	0,36		n.s.	0,18
Breit Wegerich	<i>Plantago major</i>		0,29	**	0,15
Gemeines Hornkraut	<i>Cerastium holosteoides</i>	0,04	0,10	n.s.	0,07
Wiesen Sauerampfer	<i>Rumex acetosa</i>	0,05	0,003	n.s.	0,03
Gamander Ehrenpreis	<i>Veronica chamaedrys</i>	0,04		n.s.	0,02
Sumpf Kratzdistel	<i>Cirsium palustre</i>	0,03		n.s.	0,01
Schafgarbe	<i>Achillea millefolium</i>		0,03	n.s.	0,01
Wiesen Bärenklau	<i>Heracleum sphondylium</i>		0,01	n.s.	0,01
Wiesen Kerbel	<i>Anthriscus sylvestris</i>	0,01		n.s.	0,01
Leguminosen		2,2	8,3	***	5,2
Weiß-Klee	<i>Trifolium repens</i>	2,17	8,27	***	5,22
Rot -Klee	<i>Trifolium pratense</i>	0,001			0,001
Anzahl der Gräser / Parzelle		5,89	4,93	***	5,4
Anzahl der Kräuter / Parzelle		3,36	3,14	n.s.	3,3
Anzahl Leguminosen / Parzelle		0,58	0,92	***	0,8
Artenzahl / Parzelle		9,83	8,99	**	9,4
Arten insgesamt auf jeweils 1080 m ²		31	24		34

Tabelle A7: Botanische Zusammensetzung (%) auf Niedermoor in Abhängigkeit von Düngung (Mittel aus den Jahren 2005 u. 2006)

Deutscher Name	Mit N (2005-2006)	ohne N (2005-2006)	Sig.	Mit P (2005-2006)	ohne P (2005-2006)	Sig.	Mit K (2005-2006)	ohne K (2005-2006)	Sig.
Gräser	78,5	69,2	***	71,1	75,9	n.s.	72,7	73,9	n.s.
Gemeine Rispe	27,7	23,2	*	24,3	26,0	n.s.	24,4	26,4	n.s.
Wiesenrispe	15,1	10,5	*	12,8	11,9	n.s.	12,3	12,6	n.s.
Deutsches Weidelgras	10,7	9,5	n.s.	10,2	9,74	n.s.	10,48	9,04	n.s.
Knickfuchsschwanz	6,2	9,3	*	6,39	10,22	*	7,27	9,42	n.s.
Welsches Weidelgras	7,7	6,8	n.s.	6,8	7,58	n.s.	7,76	5,94	n.s.
Gemeine Quecke	8,6	5,4	**	7,56	5,52	n.s.	7,14	5,86	n.s.
Knaulgras	1,04	1,6	n.s.	1,44	1,25	n.s.	1,63	0,84	n.s.
Behaarte Segge	0,11	1,6	**	0,49	1,59	n.s.	0,95	0,94	n.s.
Flutender Schwaden	0,03	0,9	**	0,43	0,61	n.s.	0,21	1,09	*
Rohrglanzgras	0,59	0,2	n.s.	0,00	0,92	*	0,00	1,15	*
Wiesenlieschgras	0,51	0,1	n.s.	0,42	0,09	n.s.	0,32	0,21	n.s.
Wiesen Fuchsschwanz	0,35	0,1	n.s.	0,07	0,43	*	0,21	0,23	n.s.
Weißes Straußgras	0	0,1	n.s.	0,12	0	n.s.	0	0,21	n.s.
Rasen Schmieie	0	0,001	n.s.	0,00	0	n.s.	0,001	0	n.s.
Wiesen-Schwingel	0	0,001	n.s.	0,00	0,002	n.s.	0,001	0	n.s.
Kräuter	19,3	23,4	*	23,0	19,8	n.s.	21,7	21,8	n.s.
Löwenzahn	6,40	10,55	**	8,6	9,1	n.s.	8,6	9,3	n.s.
Kriechender Hahnenfuß	5,11	9,07	**	7,13	7,82	n.s.	6,5	9,2	*
Vogelmiere	3,64	0,92	*	3,2	0,4	**	2,5	1,07	n.s.
Stumpfblättriger Ampfer	1,88	1,45	n.s.	1,85	1,31	n.s.	1,84	1,19	n.s.
Große Brennnessel	0,70	0,20	n.s.	0,46	0,35	n.s.	0,55	0,13	n.s.
Gewöhnliches Hirtentäschel	0,62	0,14	n.s.	0,54	0,07	n.s.	0,39	0,25	n.s.
Krauser Ampfer	0,33	0,28	n.s.	0,27	0,34	n.s.	0,30	0,30	n.s.
Gundermann	0,02	0,43	n.s.	0,43	0,02	n.s.	0,38	0	n.s.
Rote Taubnessel	0,43	0	n.s.	0,30	0,02	n.s.	0,17	0,21	n.s.
Breit Wegerich	0,05	0,21	n.s.	0,12	0,18	n.s.	0,19	0,06	n.s.
Gemeines Hornkraut	0,07	0,07	n.s.	0,04	0,12	n.s.	0,06	0,08	n.s.
Wiesen Sauerampfer	0,01	0,04	n.s.	0,00	0,06	n.s.	0,03	0,01	n.s.
Gamander Ehrenpreis	0,02	0,03	n.s.	0,04	0	n.s.	0,03	0	n.s.
Sumpf Kratzdistel	0,02	0,01	n.s.	0,03	0	n.s.	0,02	0	n.s.
Schafgarbe	0	0,02	n.s.	0,02	0	n.s.	0,02	0	n.s.
Wiesen Bärenklau	0,02	0	n.s.	0	0,02	n.s.	0,01	0	n.s.
Wiesen Kerbel	0	0,01	n.s.	0,01	0	n.s.	0,01	0	n.s.
Leguminosen	2,2	7,4	***	5,9	4,3	n.s.	5,7	4,3	n.s.
Weiß-Klee	2,2	7,4	***	5,9	4,3	n.s.	5,7	4,3	n.s.
Rot -Klee	0	0,001	n.s.	0,0	0,0	n.s.	0,0	0,0	n.s.
Anzahl der Gräser	5,28	5,50	n.s.	5,3	5,6	n.s.	5,3	5,6	n.s.
Anzahl der Kräuter	3,32	3,20	n.s.	3,2	3,3	n.s.	3,3	3,1	n.s.
Anzahl Leguminosen	0,57	0,88	**	0,7	0,8	n.s.	0,7	0,8	n.s.
Summe Artenzahl/Parzelle	9,17	9,58	n.s.	9,18	9,73	*	9,39	9,46	n.s.
Artenzahl insgesamt	28	33		32	27		33	25	

Tabelle A8: TM-Erträge der Aufwüchse bei Schnittnutzung auf Niedermoor (Mittel aus drei Wiederholungen)

Düngung	1999	2000	2001	2002	2003	2005	2006
dt TM ha ⁻¹							
1. Aufwuchs							
D1= Ohne D.	16	44	34	38	16	29	28
D2= N	28	40	33	38	16	33	33
D3= P	22	37	33	47	13	37	23
D4= K 1	30	57	50	46	15	41	29
D5= K 2	25	46	40	47	14	40	25
D6= NK	43	56	46	35	28	53	40
D7=PK 1	34	50	49	44	21	39	26
D8= PK 2	33	52	51	47	21	45	22
D9= PK 3	28	50	38	46	17	37	27
D10= NP	35	35	38	41	22	33	44
D11= NPK 1	35	44	52	46	33	34	48
D12=NPK 2	42	47	42	42	28	38	43
2. Aufwuchs							
D1= Ohne D.	23	20	26	9	23	12	11
D2= N	24	17	30	15	18	20	14
D3= P	25	15	27	11	17	14	13
D4= K 1	30	17	36	25	30	18	15
D5= K 2	27	19	34	24	28	13	15
D6= NK	35	25	51	32	32	25	18
D7=PK 1	27	26	37	27	27	23	14
D8= PK 2	33	25	35	32	26	32	18
D9= PK 3	32	23	37	31	28	15	19
D10= NP	30	16	33	21	19	20	16
D11= NPK 1	37	24	44	31	28	20	17
D12=NPK 2	35	26	46	35	28	27	26
3. Aufwuchs							
D1= Ohne D.	27	21	35	21	12	17	19
D2= N	27	18	31	18	17	22	17
D3= P	26	20	30	20	13	20	14
D4= K 1	26	24	35	29	28	22	19
D5= K 2	25	27	42	25	42	20	21
D6= NK	27	29	37	24	32	25	19
D7=PK 1	26	29	37	23	27	20	21
D8= PK 2	25	29	40	29	32	19	18
D9= PK 3	26	30	41	30	29	24	24
D10= NP	26	18	33	16	25	26	21
D11= NPK 1	28	30	37	29	32	23	22
D12=NPK 2	26	23	37	29	31	25	22

Tabelle A9: Varianzanalyse der jährlichen TM-Erträge bei Schnittnutzung auf Niedermoor (Mittel aus drei Wiederholungen, einfaktorielle Varianzanalyse, Duncan-Test)

	1999	2000	2001	2002	2003	2005	2006
	dt TM ha ⁻¹						
Düngung	n.s.	*	**	**	***	*	***
D1= Ohne D.	66	85	abc	69	a	58	a
D2= N	79	74	ab	71	ab	74	abc
D3= P	73	72	ab	79	abc	42	a
D4= K 1	86	98	bc	100	cd	73	bcd
D5= K 2	76	93	abc	96	bcd	84	cd
D6= NK	105	110	c	91	abcd	92	d
D7=PK 1	87	105	c	94	abcd	75	bcd
D8= PK 2	91	106	c	107	d	78	cd
D9= PK 3	85	102	c	106	d	73	bcd
D10= NP	92	70	a	77	abc	66	abc
D11= NPK 1	100	98	bc	106	d	93	d
D12=NPK 2	103	96	abc	106	d	87	cd
Gesamtmittel	87	92	115	92	72	80	69
Unterschiedliche Buchstaben weisen auf signifikante Differenzen der Düngungsvarianten hin							

Unterschiedliche Buchstaben weisen auf signifikante Differenzen der Düngungsvarianten hin

Tabelle A10: TM-Erträge der Aufwüchse bei Weidenutzung auf Niedermoor

Düngung	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
1. Aufwuchs	dt TM ha⁻¹							
D1= Ohne D.	4	11	12	15	11	11	9	10
D2= N	4	13	15	17	15	14	15	12
D3= P	3	12	14	15	11	11	10	11
D4= K 1	3	12	16	15	10	10	10	10
D5= K 2	6	12	14	15	11	11	10	12
D6= NK	6	13	20	20	18	18	18	12
D7=PK 1	7	15	17	16	12	12	12	12
D8= PK 2	9	12	20	17	13	13	11	10
D9= PK 3	6	15	19	18	14	15	12	11
D10= NP	6	15	16	19	17	17	17	13
D11= NPK 1	6	15	19	20	19	19	16	14
D12=NPK 2	10	18	18	20	18	17	19	14
2. Aufwuchs								
D1= Ohne D.	15	59	22	19	14	18	8	14
D2= N	21	49	29	21	17	18	14	19
D3= P	12	46	34	21	16	17	10	16
D4= K 1	17	52	31	22	17	20	10	17
D5= K 2	16	60	32	20	13	18	9	14
D6= NK	24	49	40	25	20	24	17	18
D7=PK 1	16	47	35	21	15	19	9	16
D8= PK 2	21	48	28	22	17	22	10	15
D9= PK 3	15	43	35	22	17	20	10	16
D10= NP	21	53	35	23	20	21	17	18
D11= NPK 1	22	50	35	24	19	22	17	21
D12=NPK 2	16	50	35	23	19	21	19	20
3. Aufwuchs								
D1= Ohne D.	16	21	10	12	16	16	14	19
D2= N	18	19	14	13	17	21	15	19
D3= P	18	18	11	13	17	17	14	19
D4= K 1	16	18	13	13	17	18	15	19
D5= K 2	19	17	14	13	16	15	12	19
D6= NK	19	16	17	13	19	23	19	19
D7=PK 1	19	18	14	13	18	21	16	20
D8= PK 2	17	17	14	13	16	20	16	19
D9= PK 3	17	17	13	13	18	20	17	20
D10= NP	17	18	13	13	18	21	16	20
D11= NPK 1	22	20	16	14	19	23	18	20
D12=NPK 2	14	21	16	13	18	19	18	19
4. Aufwuchs								
D1= Ohne D.	9	0	10	17	15	14	12	17
D2= N	9	0	13	18	17	17	15	16
D3= P	11	0	11	17	15	15	13	18
D4= K 1	9	0	15	19	17	17	16	18
D5= K 2	12	0	14	18	17	17	15	19
D6= NK	11	0	18	21	20	20	18	18
D7=PK 1	10	0	15	20	19	19	18	16
D8= PK 2	9	0	15	18	17	17	15	17
D9= PK 3	10	0	14	18	16	17	15	16
D10= NP	8	0	14	19	19	18	16	17
D11= NPK 1	9	0	17	20	18	18	17	17
D12=NPK 2	8	0	16	20	19	18	17	18

Tabelle A11: Varianzanalyse der jährlichen TM-Erträge bei Weidenutzung auf Niedermoor (Mittel aus 3 Wiederholungen, einfaktorielle Varianzanalyse, Duncan-Test)

	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006					
dt TM ha ⁻¹													
Düngung	n.s.	n.s.	n.s.	***	***	***	*	***					
D1= Ohne D.	45	90	54	63	a	56	a	60	a	43	a	61	ab
D2= N	51	82	71	70	bcd	67	abc	70	bcd	59	abc	66	abcd
D3= P	44	77	70	66	ab	59	a	61	ab	48	ab	64	a
D4= K 1	46	81	75	69	abc	61	a	66	abc	52	abcd	65	abc
D5= K 2	51	89	75	67	ab	56	a	61	abc	46	abc	65	abc
D6= NK	59	78	96	79	f	77	c	84	e	72	d	67	cdef
D7=PK 1	52	80	81	70	bcd	63	ab	71	cd	55	abcd	64	abc
D8= PK 2	55	77	77	70	bcd	63	ab	71	cd	53	cd	62	ab
D9= PK 3	48	75	80	71	bcd	66	abc	71	cd	54	abc	62	bcde
D10= NP	51	86	78	75	cde	74	bc	77	de	66	abc	67	def
D11= NPK 1	59	86	88	77	f	75	c	82	e	67	abc	72	ef
D12=NPK 2	48	89	86	75	de	74	bc	76	de	74	bcd	70	f
Gesamtmittel	51	82	78	71	66	71	57	65					
Unterschiedliche Buchstaben weisen auf signifikante Differenzen der Düngungsvarianten hin													

Unterschiedliche Buchstaben weisen auf signifikante Differenzen der Düngungsvarianten hin

Tabelle A12: Wuchshöhen des Bestandes in den Einzeljahren bei Schnittnutzung auf Niedermoor (Mittel aus drei Wiederholungen)

Düngung	1999	2000	2001	2002	2003	2005	2006
Wuchshöhe (cm)							
1. Aufwuchs							
D1= Ohne D.			39	18	27	29	
D2= N			43	19	33	31	
D3= P			38	15	38	35	
D4= K 1			46	23	43	35	
D5= K 2			46	20	37	33	
D6= NK			50	30	34	49	
D7=PK 1			47	22	42	34	
D8= PK 2			47	25	44	31	
D9= PK 3			45	21	36	41	
D10= NP			35	21	37	44	
D11= NPK 1			48	34	34	47	
D12=NPK 2			45	37	37	48	
2. Aufwuchs							
D1= Ohne D.			13	16	17	13	
D2= N			23	20	24	17	
D3= P			13	16	21	13	
D4= K 1			32	23	22	17	
D5= K 2			24	23	18	17	
D6= NK			36	23	34	20	
D7=PK 1			25	24	23	15	
D8= PK 2			36	21	22	18	
D9= PK 3			28	20	24	17	
D10= NP			23	16	26	16	
D11= NPK 1			34	28	37	18	
D12=NPK 2			45	34	30	24	
3. Aufwuchs							
D1= Ohne D.			19	20	17	26	
D2= N			18	19	21	21	
D3= P			21	19	22	22	
D4= K 1			28	27	24	23	
D5= K 2			25	33	20	21	
D6= NK			33	30	27	24	
D7=PK 1			28	29	23	23	
D8= PK 2			30	29	23	23	
D9= PK 3			30	34	24	26	
D10= NP			16	20	21	22	
D11= NPK 1			28	34	29	24	
D12=NPK 2			23	30	28	25	

Tabelle A13: Wuchshöhen in den Einzeljahren bei Weidenutzung (Niedermoor)

Düngung	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
1. Aufwuchs	Wuchshöhe (cm)							
D1= Ohne D.			14	11	9	9	9	10
D2= N			16	14	13	12	16	12
D3= P			15	11	9	9	10	11
D4= K 1			16	11	8	8	10	10
D5= K 2			15	11	8	9	10	12
D6= NK			19	17	17	17	18	13
D7=PK 1			17	12	10	10	12	12
D8= PK 2			18	13	11	11	11	10
D9= PK 3			17	14	13	13	12	10
D10= NP			16	16	16	16	18	13
D11= NPK 1			18	18	18	18	17	14
D12=NPK 2			18	17	17	16	20	15
2. Aufwuchs								
D1= Ohne D.			20	17	12	17	8	15
D2= N			24	19	16	17	14	21
D3= P			26	19	14	16	10	17
D4= K 1			24	20	15	20	10	19
D5= K 2			25	18	11	18	9	15
D6= NK			29	24	20	24	18	19
D7=PK 1			26	19	14	18	9	17
D8= PK 2			23	20	15	21	10	17
D9= PK 3			26	21	16	19	10	17
D10= NP			27	22	19	20	18	20
D11= NPK 1			26	22	19	22	17	24
D12=NPK 2			26	21	18	20	20	22
3. Aufwuchs								
D1= Ohne D.			12	7	14	14	14	21
D2= N			15	8	16	20	16	21
D3= P			13	9	16	16	15	21
D4= K 1			15	9	16	17	16	22
D5= K 2			15	8	15	14	12	22
D6= NK			17	8	18	23	20	21
D7=PK 1			15	8	16	21	16	22
D8= PK 2			15	8	15	19	17	22
D9= PK 3			15	8	17	19	18	22
D10= NP			15	8	17	20	17	22
D11= NPK 1			17	9	18	23	19	22
D12=NPK 2			17	7	18	19	19	21
4. Aufwuchs								
D1= Ohne D.			12	13	14	13	13	18
D2= N			14	15	16	16	16	18
D3= P			13	13	13	13	13	20
D4= K 1			16	16	16	16	16	20
D5= K 2			15	15	16	16	16	21
D6= NK			18	19	20	19	19	20
D7=PK 1			15	17	18	18	19	18
D8= PK 2			16	15	16	16	16	19
D9= PK 3			15	15	15	16	16	18
D10= NP			15	17	18	17	17	19
D11= NPK 1			17	17	17	17	17	19
D12=NPK 2			17	18	18	17	18	19

Tabelle A14: Mineralstoffgehalte des Erntegutes in den Einzeljahren bei Schnittnutzung auf Niedermoor (Mittel aus drei Wiederholungen)

Jahr	Düngung	1. Aufwuchs			2. Aufwuchs			3. Aufwuchs		
		N	P	K	N	P	K	N	P	K
in g kg ⁻¹ TS										
1999	D1= Ohne D.	22	3,3	14	22	3,8	16	31	4,0	17
	D2= N	22	3,3	13	27	3,9	15	37	3,2	12
	D3= P	23	3,3	17	24	4,0	18	32	3,8	18
	D4= K 1	24	3,4	24	24	3,8	23	33	3,7	24
	D5= K 2	23	3,1	24	26	3,7	27	32	3,7	29
	D6= NK	25	2,9	21	29	3,5	24	34	3,1	22
	D7=PK 1	22	3,3	21	27	4,1	29	36	3,2	26
	D8= PK 2	25	3,5	22	26	3,9	28	33	3,7	28
	D9= PK 3	25	3,7	23	27	3,6	25	35	3,4	27
	D10= NP	25	3,7	17	30	3,7	14	36	3,5	12
	D11= NPK 1	24	3,5	22	28	3,6	27	36	3,1	26
	D12=NPK 2	26	3,4	20	26	3,8	25	37	3,5	26
2000	D1= Ohne D.	23	3,9	10	38	4,4	10	35	3,4	8
	D2= N	28	3,8	8	44	4,4	12	37	3,7	5
	D3= P	24	4,1	10	39	4,4	11	34	3,6	7
	D4= K 1	24	3,9	17	37	4,2	28	41	3,1	19
	D5= K 2	23	4,2	24	39	4,9	34	28	3,5	21
	D6= NK	24	3,0	14	44	4,1	22	30	2,7	14
	D7=PK 1	24	3,8	18	37	4,7	27	31	3,3	16
	D8= PK 2	22	3,5	22	36	4,0	32	29	2,9	20
	D9= PK 3	24	4,0	27	38	4,6	33	30	3,1	23
	D10= NP	27	3,7	10	49	4,8	19	37	4,0	5
	D11= NPK 1	25	4,0	23	42	4,8	24	28	3,1	13
	D12=NPK 2	28	4,1	18	42	4,4	25	24	3,6	18
2001	D1= Ohne D.	23	3,1	14	38	4,8	9	35	3,9	8
	D2= N	28	3,2	9	44	4,7	8	37	3,9	7
	D3= P	24	3,6	12	39	5,1	9	34	4,8	9
	D4= K 1	24	3,0	22	37	4,3	21	41	3,0	15
	D5= K 2	23	3,2	33	39	4,4	31	28	4,1	19
	D6= NK	24	2,9	23	44	3,6	17	30	3,8	14
	D7=PK 1	24	3,5	32	37	4,9	24	31	3,7	18
	D8= PK 2	22	3,0	26	36	4,4	28	29	3,4	12
	D9= PK 3	24	3,4	33	38	4,1	28	30	3,7	18
	D10= NP	27	4,1	12	49	4,7	9	37	4,8	7
	D11= NPK 1	25	3,4	26	42	4,3	23	28	3,4	14
	D12=NPK 2	28	3,7	26	42	4,4	27	24	4,5	17
2002	D1= Ohne D.	18	3,3	13	27	4,6	7	28	4,6	6
	D2= N	21	3,1	9	31	4,5	7	27	3,2	6
	D3= P	18	3,7	10	28	4,8	7	27	4,6	7
	D4= K 1	19	3,1	21	21	3,6	16	21	2,8	9
	D5= K 2	17	3,0	24	24	4,4	15	22	3,8	17
	D6= NK	15	2,4	19	15	2,7	9	23	2,3	13
	D7=PK 1	16	3,6	17	17	3,5	10	22	3,8	10
	D8= PK 2	14	3,2	23	15	3,1	18	22	3,4	15

Fortsetzung Tabelle A14

Jahr	Düngung	1. Aufwuchs			2. Aufwuchs			3. Aufwuchs		
		N	P	K	N	P	K	N	P	K
in g kg ⁻¹ TS										
	D9= PK 3	15	3,2	24	17	3,6	18	22	3,3	11
	D10= NP	23	3,9	11	28	4,9	8	31	4,4	6
	D11= NPK 1	18	3,2	24	14	2,6	9	26	2,7	9
	D12=NPK 2	18	2,8	20	29	4,0	16	28	3,0	10
2003	D1= Ohne D.	23	3,4	12	26	4,1	9	30	2,8	9
	D2= N	32	3,7	7	32	3,4	7	32	2,1	7
	D3= P	25	3,8	10	30	4,5	7	33	3,4	6
	D4= K 1	22	3,1	34	26	3,3	25	25	2,2	14
	D5= K 2	21	3,1	31	26	3,6	23	25	2,4	18
	D6= NK	27	2,7	33	29	2,7	29	29	3,1	10
	D7=PK 1	21	3,5	33	25	3,8	29	28	3,1	18
	D8= PK 2	22	3,0	31	26	3,3	33	26	2,7	18
	D9= PK 3	22	3,2	34	30	3,5	27	29	3,0	17
	D10= NP	28	4,0	10	30	3,4	10	34	2,6	7
	D11= NPK 1	23	3,2	34	32	3,2	24	30	2,2	14
	D12=NPK 2	29	3,5	31	29	2,9	23	33	2,2	16
2005	D1= Ohne D.	18	2,3	15	25	3,4	9	25	3,5	3
	D2= N	24	2,4	11	27	3,4	7	26	2,7	6
	D3= P	21	3,0	11	21	3,7	7	24	3,7	8
	D4= K 1	18	2,3	22	21	3,1	22	22	3,9	17
	D5= K 2	17	2,5	25	24	3,3	24	25	3,3	21
	D6= NK	19	2,5	23	26	3,3	16	24	3,8	8
	D7=PK 1	19	3,2	30	24	4,0	23	24	3,8	20
	D8= PK 2	19	2,6	27	24	3,8	22	24	3,5	20
	D9= PK 3	19	3,2	27	26	3,9	24	22	4,1	19
	D10= NP	19	3,0	14	37	4,0	11	22	3,5	11
	D11= NPK 1	27	4,0	31	33	3,9	23	22	3,2	20
	D12=NPK 2	24	3,6	29	21	3,1	15	21	3,4	13
2006	D1= Ohne D.	15	2,4	14	23	4,0	14	25	3,4	18
	D2= N	20	2,2	17	25	3,4	16	29	4,2	11
	D3= P	15	2,9	17	22	4,0	19	30	4,6	12
	D4= K 1	14	2,3	24	19	3,3	25	27	5,0	24
	D5= K 2	15	2,3	24	22	3,8	24	26	5,5	26
	D6= NK	16	2,2	24	22	3,7	29	28	4,3	25
	D7=PK 1	15	2,8	28	23	3,6	33	29	4,3	29
	D8= PK 2	14	2,5	27	23	4,3	26	28	4,7	30
	D9= PK 3	15	2,6	25	24	3,2	24	27	5,4	27
	D10= NP	22	3,4	11	30	3,5	13	31	3,6	12
	D11= NPK 1	13	2,6	27	22	3,5	24	28	4,9	27
	D12=NPK 2	15	2,7	25	26	3,2	20	32	4,0	21

Tabelle A15: Mineralstoffgehalte des Erntegutes in den Einzeljahren bei Weidenutzung auf Niedermoor (Mittel aus drei Wiederholungen)

Jahr	Düngung	1. Aufwuchs			2. Aufwuchs			3. Aufwuchs			4. Aufwuchs		
		N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K
in g kg ⁻¹ TS													
1999	D1= Ohne D.	28	3,3	17				35	4,0	26			
	D2= N	34	3,7	19				35	4,0	24			
	D3= P	29	3,5	15				36	3,8	27			
	D4= K 1	29	3,2	17				37	3,8	24			
	D5= K 2	29	3,5	20				38	3,9	29			
	D6= NK	34	3,6	24				37	3,6	30			
	D7=PK 1	34	3,7	25				35	3,8	26			
	D8= PK 2	35	3,8	26				36	3,8	27			
	D9= PK 3	38	3,5	21				36	4,1	26			
	D10= NP	35	3,7	19				38	4,0	25			
	D11= NPK 1	35	3,7	21				39	4,0	27			
	D12=NPK 2	36	4,0	25				37	4,2	26			
2000	D1= Ohne D.	35	3,9	22	19	2,8	15	34	3,8	30			
	D2= N	37	3,7	20	22	2,7	19	38	3,8	35			
	D3= P	38	3,8	23	23	2,7	16	38	3,8	30			
	D4= K 1	43	3,9	26	19	2,5	17	35	3,6	28			
	D5= K 2	39	4,2	32	24	2,7	23	32	4,1	32			
	D6= NK	41	3,8	35	23	2,9	24	39	3,7	36			
	D7=PK 1	37	3,9	29	22	2,9	26	41	4,1	38			
	D8= PK 2	38	4,1	30	20	2,8	21	38	4,0	38			
	D9= PK 3	35	4,0	25	25	3,3	19	39	4,2	39			
	D10= NP	38	3,7	25	24	2,7	15	42	4,0	31			
	D11= NPK 1	39	4,0	28	26	2,9	21	38	4,1	31			
	D12=NPK 2	39	4,2	29	24	2,9	21	43	3,6	38			
2001													
2002													
2003													
2004													
2005													
2006	D1= Ohne D.	25	2,8	20	28	3,5	24	42	4,3	24	38	4,4	30
	D2= N	28	2,8	19	29	3,2	23	42	4,4	23	42	4,6	27
	D3= P	26	3,6	24	25	3,5	20	40	4,4	25	41	4,5	25
	D4= K 1	25	2,8	29	26	3,3	30	41	4,0	32	43	4,4	43
	D5= K 2	28	3,2	27	24	3,5	23	40	4,5	34	39	4,0	35
	D6= NK	37	3,2	32	28	3,3	29	39	4,7	34	43	4,4	41
	D7=PK 1	25	3,5	32	30	4,0	34	44	4,7	34	43	4,3	38
	D8= PK 2	27	3,4	29	27	3,9	33	43	5,0	35	42	4,4	37
	D9= PK 3	26	3,5	29	24	3,8	26	41	4,8	34	42	4,7	35
	D10= NP	35	4,0	26	29	4,2	22	44	4,9	25	44	4,8	32
	D11= NPK 1	31	3,6	33	32	4,2	37	43	4,9	35	44	4,7	37
	D12=NPK 2	40	4,1	35	31	4,5	38	47	4,8	34	45	5,1	40

Tabelle A16: Bodennährstoffgehalte bei Schnitt- und Weidenutzung auf Mineralbodengrünland (pH-Wert, P₂O₅, K₂O, Mg: VDLUFA Rostock)

Düngung	pH-Wert			P ₂ O ₅ (mg 100 ⁻¹ g Boden)			K ₂ O (mg 100 ⁻¹ g Boden)			Mg (mg 100 ⁻¹ g Boden)		
	2000	2004	2006	2000	2004	2006	2000	2004	2006	2000	2004	2006
Schnittnutzung												
D1= Ohne D.	5,6	5,3	5,4	15	14	14	27	10	9	8	8	8
D2= Gülle		5,6	5,6		17	17		17	18		9	10
D3= K (60% KCl)		5,4	5,5		15	15		27	31		13	7
D4= K (Mg-Kainit)		5,5	5,3		15	13		28	33		11	11
D5= NK (KAS, KCl: 60er Kali)		5,5	5,6		17	19		21	33		10	9
D6= PK (Patent-PK)		5,6	5,4		20	16		29	33		11	11
D7= PK (Thomaskali)		5,6	5,5		25	19		23	26		10	8
D8= NP (KAS, TSP)		5,4	5,2		18	20		11	7		9	8
D9=NPK (KAS, TSP, KCl: 60er Kali)		5,2	5,2		19	22		16	25		8	7
D10= Stallmist		5,1	5,4		17	17		18	35		7	8
Gesamt. Schnitt	5,6	5,42	5,41	15	18	17	27	20	25	8	10	9
Weidenutzung												
D1= Ohne D.	5,6	5,5	5,4	15	17	15	27	33	23	8	9	8
D2= Gülle		5,8	5,8		25	25		37	38		12	14
D3= K (60% KCl)		5,6	5,5		18	16		52	57		9	8
D4= K (Mg-Kainit)		5,6	5,4		19	16		58	57		14	13
D5= NK (KAS, KCl: 60er Kali)		5,4	5,3		15	20		41	41		10	9
D6= PK (Patent-PK)		5,6	5,6		21	20		60	45		14	14
D7= PK (Thomaskali)		5,8	5,7		36	26		50	41		12	10
D8= NP (KAS, TSP)		5,4	5,3		22	25		24	19		11	10
D9=NPK (KAS, TSP, KCl: 60er Kali)		5,3	5,3		22	22		39	35		10	8
D10= Stallmist		4,9	5,6		20	22		36	42		7	11
Gesamt. Weide	5,6	5,49	5,49	15	21	21	27	43	39,8	8	11	11
Gesamtmittel	5,6	5,5	5,5	15	20	19	27	32	32	8	10	10

Tabelle A17: Botanische Zusammensetzung (%) bei Schnitt- bzw. Weidenutzung auf Mineralbodengrünland (Mittel aus den Jahren 2005 u. 2006)

Deutscher Name	Botanischer Name	Schnitt	Weide	Sig.	Gesamt-Mittel
		(2005-2006)	(2005-2006)		
Gräser %		54,5	62,2	***	58,3
Bastardweidelgras	<i>Lolium hybridum</i>	5,9	9,1	n.s.	7,5
Deutsches Weidelgras	<i>Lolium perenne</i>	22,6	14,9	**	18,8
Echter Schaf Schwingel	<i>Festuca ovina</i>	0,001	0,5	**	0,3
Einjähriges Rispengras	<i>Poa annua</i>	0,3	2,1	***	1,2
Gemeine Quecke	<i>Elytrigia repens</i>	0,1	0,3	n.s.	0,2
Gewöhnliches Rispengras	<i>Poa trivialis</i>	3,3	18,0	***	10,6
Glatthafer	<i>Arrhenatherum elatius</i>	13,6		***	6,8
Knautgras	<i>Dactylis glomerata</i>	0,3	9,6	***	5,0
Rot Straußgras	<i>Agrostis tenuis</i>	0,001	0,4	*	0,2
Weiche Treppe	<i>Bromus hordeaceus</i>	0,3	6,3	**	3,3
Wiesenlieschgras	<i>Phleum pratense</i>	4,3		***	2,2
Wiesenschweidel	<i>Festulolium braunii</i>	3,8	1,0	**	2,4
Rotschwingel	<i>Festuca rubra</i>	0,001		n.s.	0,001
Kräuter %		5,0	20,6	***	12,8
Acker-Kratzdistel	<i>Cirsium arvense</i>	0,1	0,003	*	0,05
Ackerstiefmütterchen	<i>Viola tricolor</i>		0,003	n.s.	0,001
Beifuß	<i>Artemisia vulgaris</i>	0,1	0,028	n.s.	0,1
Bocksbart	<i>Tragopogon pratensis</i>		0,1	n.s.	0,1
Breit Wegerich	<i>Plantago major</i>		0,1	n.s.	0,04
Echte Kamille	<i>Matricaria recutita</i>	0,003	0,1	*	0,05
Einjähriger Beifuß	<i>Artemisia annua</i>	0,1	0,03	n.s.	0,1
Gemeines Hornkraut	<i>Cerastium holosteoides</i>	0,01	1,7	***	0,9
Gemeine Schafgarbe	<i>Achillea millefolium</i>	0,04	0,7	n.s.	0,4
Gewöhnliches Hirtentäschel	<i>Capsella bursa-pastoris</i>	0,1	0,6	**	0,4
Herbst Löwenzahn	<i>Leontodon autumnalis</i>	0,3	0,001	***	0,1
krauser Ampfer	<i>Rumex crispus</i>	0,04	0,04	n.s.	0,04
Lanzett Kratzdistel	<i>Cirsium vulgare</i>	0,03		n.s.	0,01
Löwenzahn	<i>Taraxacum officinale</i>	4,1	14,5	***	9,3
Platanenblättriger Hahnenfuß	<i>Ranunculus plataniifolius</i>		0,1	n.s.	0,04
Rainfarn	<i>Tanacetum vulgare</i>	0,1	0,9	n.s.	0,5
Spitz Wegerich	<i>Plantago lanceolata</i>		1,3	***	0,7
Tüpfel Hartheu	<i>Hypericum perforatum</i>		0,003	n.s.	0,001
Wiesen Kerbel	<i>Anthriscus sylvestris</i>		0,3	**	0,1
Stengelumfassende Taubnessel	<i>Lamium amplexicaule</i>	0,01		*	0,004
Vogelmiere	<i>Stellaria media</i>	0,003		n.s.	0,001
Weicher Storchschnabel	<i>Geranium molle</i>	0,01		*	0,003
Wiesen Bärenklau	<i>Heracleum sphondylium</i>	0,001		n.s.	0,001
Purpur Storchschnabel	<i>Geranium purpureum</i>	0,01		n.s.	0,006
Gemeiner Reinerschnabel	<i>Erodium cicutarium</i>	0,01		n.s.	0,003
Gemeines Ferkelkraut	<i>Hypochaeris radicata</i>	0,01		n.s.	0,003

Fortsetzung Tabelle A17

Leguminosen %		40,6	17,2	***	28,9
Luzerne	<i>Medicago sativa</i>	1,4	0,1	***	0,7
Gemeiner Hornklee	<i>Lotus corniculatus</i>	2,5	0,001	***	1,3
Rotklee	<i>Trifolium pratense</i>	35,9	0,3	***	18,2
Weiß-Klee	<i>Trifolium repens</i>	0,8	16,8	***	8,8
Vogel Wicke	<i>Vicia cracca</i>		0,03	*	0,01
Anzahl der Gräser / Parzelle		4,5	4,0	*	4,3
Anzahl der Kräuter / Parzelle		2,1	3,2	***	2,7
Anzahl Leguminosen / Parzelle		2,4	1,3	***	1,9
Artenzahl / Parzelle		9,1	8,5	*	8,8
Arten insgesamt		36	33		44

Tabelle A18: Botanische Zusammensetzung (%) auf Mineralbodengrünland in Abhängigkeit von Düngung (Mittel aus den Jahren 2005 u. 2006)

Deutscher Name	Mit N	ohne N	Sig.	Mit P	ohne P	Sig.	Mit K	ohne K	Sig.
Gräser %	64,3	52,4	**	60,2	55,5	n.s.	57,6	61,4	n.s.
Bastardweidelgras	9,18	5,79	n.s.	8,38	6,15	n.s.	7,45	7,63	n.s.
Deutsches Weidelgras	18,91	18,62	n.s.	18,20	19,61	n.s.	19,01	17,80	n.s.
Echter Schaf Schwingel	0,25	0,25	n.s.	0,26	0,24	n.s.	0,27	0,16	n.s.
Einjähriges Rispengras	1,13	1,28	n.s.	1,08	1,38	n.s.	1,21	1,16	n.s.
Gemeine Quecke	0,14	0,24	n.s.	0,10	0,33	n.s.	0,15	0,34	n.s.
Gewöhnliches Rispengras	11,09	10,17	n.s.	10,51	10,82	n.s.	10,69	10,39	n.s.
Glatthafer	8,90	4,73	n.s.	8,35	4,50	n.s.	6,50	8,07	n.s.
Knautgras	6,15	3,78	n.s.	5,19	4,63	n.s.	4,52	6,75	n.s.
Rot Straußgras	0,20	0,19	n.s.	0,08	0,38	n.s.	0,17	0,31	n.s.
Weiche Trespe	2,86	3,69	n.s.	3,29	3,26	n.s.	3,16	3,76	n.s.
Wiesenlieschgras	2,53	1,78	n.s.	2,19	2,10	n.s.	2,08	2,47	n.s.
Wiesenschweidel	2,98	1,84	n.s.	2,59	2,14	n.s.	2,36	2,61	n.s.
Rotschwingel		0,001	n.s.	0,001		n.s.	0,001		n.s.
Kräuter %	13,5	12,1	n.s.	13,2	12,1	n.s.	13,3	10,7	n.s.
Acker Kratzdistel	0,05	0,04	n.s.	0,05	0,03	n.s.	0,04	0,07	n.s.
Ackerstiefmütterchen	0,003		n.s.	0,002		n.s.	0,002		n.s.
Beifuß	0,15	0,001	n.s.	0,11	0,02	n.s.	0,09	0,003	n.s.
Bocksbart	0,01	0,13	n.s.	0,11	0,003	n.s.	0,08	0,003	n.s.
Breit Wegerich	0,04	0,04	n.s.		0,10	*	0,05	0,01	n.s.
Echte Kamille	0,05	0,04	n.s.	0,06	0,04	n.s.	0,05	0,04	n.s.
Einjähriger Beifuß	0,10		n.s.	0,06	0,03	n.s.	0,06		n.s.
Gemeines Hornkraut	0,93	0,81	n.s.	0,85	0,90	n.s.	0,93	0,60	n.s.
Gemeine Schafgarbe	0,67	0,06	n.s.	0,61		n.s.	0,42	0,16	n.s.
Gewöhnliches Hirtentäschel	0,53	0,19	**	0,29	0,47	n.s.	0,34	0,43	n.s.
Herbst Löwenzahn	0,18	0,08	n.s.	0,17	0,07	*	0,13	0,13	n.s.
krauser Ampfer	0,03	0,05	n.s.	0,02	0,07	n.s.	0,04	0,03	n.s.
Lanzett Kratzdistel	0,001	0,03	n.s.	0,01	0,02	n.s.	0,01	0,03	n.s.
Löwenzahn	9,54	9,05	n.s.	9,81	8,52	n.s.	9,66	7,83	n.s.
Platanenblättriger Hahnenfuß	0,06	0,03	n.s.	0,05	0,03	n.s.	0,04	0,06	n.s.
Rainfarn	0,29	0,76	n.s.	0,24	0,95	n.s.	0,58	0,29	n.s.
Spitz Wegerich	0,61	0,73	n.s.	0,56	0,83	n.s.	0,73	0,42	n.s.
Tüpfel Hartheu	0,001	0,001	n.s.	0,001	0,002	n.s.	0,001	0,003	n.s.
Wiesen-Kerbel	0,25	0,04	n.s.	0,22	0,03	n.s.	0,04	0,57	***
Stengelumfassende Taubnessel	0,01		*	0,01	0,002	n.s.	0,004	0,003	n.s.
Vogelmiere	0,003		n.s.	0,001	0,002	n.s.	0,001	0,003	n.s.
Weicher Storchschnabel	0,004	0,001	n.s.	0,002	0,003	n.s.	0,002	0,003	n.s.
Wiesen-Bärenklau	0,001		n.s.	0,001		n.s.	0,001		n.s.
Purpur Storchschnabel	0,01		n.s.	0,01		n.s.	0,01		n.s.
Gemeiner Reinerschnabel	0,01		*		0,01	*	0,004		n.s.
Gemeines Ferkelkraut		0,01	n.s.		0,01	n.s.	0,004		n.s.

Fortsetzung Tabelle A18

Deutscher Name	Mit N	ohne N	Sig.	Mit P	ohne P	Sig.	Mit K	ohne K	Sig.
Leguminosen %	22,2	35,6	**	26,5	32,4	n.s.	29,1	27,9	n.s.
Luzerne	0,6	0,8	n.s.	0,6	0,8	n.s.	0,7	0,6	n.s.
Gemeiner Hornklee	0,8	1,7	n.s.	1,0	1,7	n.s.	1,4	0,7	n.s.
Rotklee	15,0	21,5	n.s.	16,7	20,6	n.s.	17,9	19,4	n.s.
Weiß-Klee	5,7	11,8	**	8,2	9,6	n.s.	9,2	7,1	n.s.
Vogel Wicke	0,01	0,02	n.s.	0,01	0,01	n.s.	0,02	0,01	n.s.
Anzahl der Gräser / Parzelle	4,2	4,3	n.s.	4,2	4,4	n.s.	4,2	4,3	n.s.
Anzahl der Kräuter / Parzelle	2,9	2,4	**	2,7	2,6	n.s.	2,6	3,1	*
Anzahl Leguminosen / Parzelle	1,8	1,9	n.s.	1,8	2,0	n.s.	1,9	1,9	n.s.
Artenzahl/Parzelle	8,93	8,64	*	8,68	8,94	n.s.	8,66	9,25	*
Arten insgesamt	42	37		41	39		44	37	

Tabelle A19: TM-Erträge der Aufwüchse bei Schnittnutzung sowie Varianzanalyse der Jahreserträge auf Mineralbodengrünland (Mittel aus vier Wiederholungen, einfaktorielle Varianzanalyse, Duncan-Test)

Düngung	2001	2002	2003	2005	2006
dt TM ha ⁻¹					
1. Aufwuchs					
D1=Ohne Düngung	41	25	13	27	29
D2= Gülle				29	23
D2= P (TSP)	42	26	24		
D3=K (KCl: 60er Kali)	38	21	13	19	21
D4=K (Mg-Kainit)	45	21	8	24	18
D5=NK (KAS, KCl: 60er Kali)	55	38	16	28	25
D6=PK (Patent-PK)	48	34	11	26	29
D7=PK (Thomaskali)	47	33	12	25	24
D8=NP (KAS, TSP)	58	40	18	31	31
D9=NPK (KAS, TSP, KCl: 60er Kali)	59	43	23	32	28
D10=NPK (AS, TSP, KCl: 60er Kali)	61	39	8		
D10=Stallmist				26	28
2. Aufwuchs					
D1=Ohne Düngung	5	13	14	16	17
D2= Gülle				15	20
D2= P (TSP)	6	19	16		
D3=K (KCl: 60er Kali)	5	16	14	18	17
D4=K (Mg-Kainit)	7	16	13	18	15
D5=NK (KAS, KCl: 60er Kali)	18	24	15	16	12
D6=PK (Patent-PK)	8	24	15	19	18
D7=PK (Thomaskali)	6	19	14	17	20
D8=NP (KAS, TSP)	20	28	19	13	15
D9=NPK (KAS, TSP, KCl: 60er Kali)	21	27	17	13	17
D10=NPK (AS, TSP, KCl: 60er Kali)	21	31	13		
D10=Stallmist				16	16
3. Aufwuchs					
D1=Ohne Düngung	8	15	9	12	13
D2= Gülle				10	13
D2= P (TSP)	9	13	9		
D3=K (KCl: 60er Kali)	7	13	9	13	11
D4=K (Mg-Kainit)	9	11	9	10	11
D5=NK (KAS, KCl: 60er Kali)	27	15	8	9	13
D6=PK (Patent-PK)	12	17	9	8	14
D7=PK (Thomaskali)	12	18	9	10	15
D8=NP (KAS, TSP)	34	19	10	7	17
D9=NPK (KAS, TSP, KCl: 60er Kali)	29	17	9	7	20
D10=NPK (AS, TSP, KCl: 60er Kali)	33	17	9		
D10=Stallmist				11	18

Fortsetzung Tabelle A19

Düngung	2001		2002		2003		2005	2006
	dt TM ha ⁻¹							
Jahreserträge	***		***		***		n.s.	n.s.
D1=Ohne Düngung	55	a	53	ab	36	a	55	58
D2= Gülle							54	56
D2= P (TSP)	58	a	58	abc	49	b		
D3=K (KCl: 60er Kali)	51	a	50	a	35	a	51	49
D4=K (Mg-Kainit)	61	a	48	a	30	a	51	44
D5=NK (KAS, KCl: 60er Kali)	100	b	78	d	39	ab	52	50
D6=PK (Patent-PK)	68	a	74	cd	35	a	53	61
D7=PK (Thomaskali)	65	a	69	bcd	35	a	52	59
D8=NP (KAS, TSP)	112	b	87	d	47	ab	52	63
D9=NPK (KAS, TSP, KCl: 60er Kali)	110	b	87	d	49	b	52	65
D10=NPK (AS, TSP, KCl: 60er Kali)	115	b	88	d	30	a		
D10=Stallmist							53	62

Tabelle A20: TM-Erträge der Aufwüchse bei Weidenutzung sowie Varianzanalyse der Jahreserträge auf Mineralbodengrünland (Mittel aus vier Wiederholungen, einfaktorielle Varianzanalyse, Duncan-Test)

Düngung	2001	2002	2003	2005	2006
dt TM ha ⁻¹					
1. Aufwuchs					
D1=Ohne Düngung	13	16	20	15	10
D2=Gülle				18	9
D2=P (TSP)	14	22	19		
D3=K (KCl: 60er Kali)	13	20	20	17	9
D4=K (Mg-Kainit)	13	14	15	15	8
D5=NK (KAS, KCl: 60er Kali)	17	22	22	18	9
D6=PK (Patent-PK)	14	19	19	17	9
D7=PK (Thomaskali)	13	16	21	17	9
D8=NP (KAS, TSP)	17	23	25	24	10
D9=NPK (KAS, TSP, KCl: 60er Kali)	18	25	24	25	10
D10=NPK (AS, TSP, KCl: 60er Kali)	18	23	19		
D10=Stallmist				17	10
2. Aufwuchs					
D1=Ohne Düngung	16	15	16	5	8
D2=Gülle				4	13
D2=P (TSP)	16	14	16		
D3=K (KCl: 60er Kali)	15	16	16	5	8
D4=K (Mg-Kainit)	16	13	15	5	6
D5=NK (KAS, KCl: 60er Kali)	19	16	18	5	8
D6=PK (Patent-PK)	16	15	15	7	8
D7=PK (Thomaskali)	16	15	15	8	7
D8=NP (KAS, TSP)	18	18	18	5	9
D9=NPK (KAS, TSP, KCl: 60er Kali)	18	17	19	6	11
D10=NPK (AS, TSP, KCl: 60er Kali)	19	17	14		
D10=Stallmist				5	11
3. Aufwuchs					
D1=Ohne Düngung	14	7	10	5	12
D2=Gülle				4	14
D2=P (TSP)	15	7	10		
D3=K (KCl: 60er Kali)	15	6	10	5	11
D4=K (Mg-Kainit)	14	4	10	4	12
D5=NK (KAS, KCl: 60er Kali)	17	9	10	7	12
D6=PK (Patent-PK)	15	5	10	7	13
D7=PK (Thomaskali)	15	7	10	6	12
D8=NP (KAS, TSP)	17	9	10	9	12
D9=NPK (KAS, TSP, KCl: 60er Kali)	17	9	11	8	13
D10=NPK (AS, TSP, KCl: 60er Kali)	17	8	10		
D10=Stallmist				6	12
4. Aufwuchs					
D1=Ohne Düngung		17			7
D2=Gülle					10
D2=P (TSP)		15			
D3=K (KCl: 60er Kali)		17			7
D4=K (Mg-Kainit)		11			7
D5=NK (KAS, KCl: 60er Kali)		19			8

Fortsetzung Tabelle A20

Düngung	2001		2002		2003		2005		2006	
	dt TM ha ⁻¹									
D6=PK (Patent-PK)				21						7
D7=PK (Thomaskali)				18						8
D8=NP (KAS, TSP)				21						8
D9=NPK (KAS, TSP, KCl: 60er Kali)				21						8
D10=NPK (AS, TSP, KCl: 60er Kali)				18						
D10=Stallmist										9
Jahreserträge	***		***		n.s.		*		*	
D1=Ohne Düngung	44	a	56	b	46		25	a	36	ab
D2=Gülle							26	a	45	c
D2=P (TSP)	44	a	58	bc	46					
D3=K (KCl: 60er Kali)	44	a	58	bc	46		27	a	35	ab
D4=K (Mg-Kainit)	43	a	42	a	41		24	a	33	a
D5=NK (KAS, KCl: 60er Kali)	53	b	65	bcde	50		30	ab	37	ab
D6=PK (Patent-PK)	45	a	60	bcd	44		30	ab	38	ab
D7=PK (Thomaskali)	44	a	56	bc	46		31	ab	36	ab
D8=NP (KAS, TSP)	52	b	71	de	53		39	b	39	abc
D9=NPK (KAS, TSP, KCl: 60er Kali)	53	b	72	e	55		38	b	42	bc
D10=NPK (AS, TSP, KCl: 60er Kali)	54	b	67	cde	43					
D10=Stallmist							29	ab	41	bc

Tabelle A21: Wuchshöhen des Bestandes in den Einzeljahren bei Schnittnutzung auf Mineralbodengrünland (Mittel aus vier Wiederholungen)

Düngung	2001	2002	2003	2005	2006
Wuchshöhe (cm)					
1. Aufwuchs					
D1=Ohne Düngung		34	24	29	33
D2=Gülle				35	31
D2=P (TSP)		33	31		
D3=K (KCl: 60er Kali)		35	22	32	31
D4=K (Mg-Kainit)		38	16	27	22
D5=NK (KAS, KCl: 60er Kali)		46	25	35	38
D6=PK (Patent-PK)		40	20	30	34
D7=PK (Thomaskali)		44	23	30	35
D8=NP (KAS, TSP)		49	30	38	37
D9=NPK (KAS, TSP, KCl: 60er Kali)		52	33	40	39
D10=NPK (AS, TSP, KCl: 60er Kali)		51	14		
D10=Stallmist				35	41
2. Aufwuchs					
D1=Ohne Düngung		14	10	27	27
D2=Gülle				29	23
D2=P (TSP)		16	12		
D3=K (KCl: 60er Kali)		16	12	29	24
D4=K (Mg-Kainit)		15	13	25	19
D5=NK (KAS, KCl: 60er Kali)		22	15	25	21
D6=PK (Patent-PK)		19	14	30	22
D7=PK (Thomaskali)		20	18	32	28
D8=NP (KAS, TSP)		23	14	27	23
D9=NPK (KAS, TSP, KCl: 60er Kali)		23	15	23	23
D10=NPK (AS, TSP, KCl: 60er Kali)		27	13		
D10=Stallmist				27	27
3. Aufwuchs					
D1=Ohne Düngung		10	4	25	16
D2=Gülle				17	18
D2=P (TSP)		11	5		
D3=K (KCl: 60er Kali)		11	5	22	17
D4=K (Mg-Kainit)		9	4	15	11
D5=NK (KAS, KCl: 60er Kali)		13	6	15	18
D6=PK (Patent-PK)		12	5	19	15
D7=PK (Thomaskali)		11	5	17	17
D8=NP (KAS, TSP)		13	7	15	18
D9=NPK (KAS, TSP, KCl: 60er Kali)		15	8	15	21
D10=NPK (AS, TSP, KCl: 60er Kali)		14	6		
D10=Stallmist				17	23

Tabelle A22: Wuchshöhen des Bestandes in den Einzeljahren bei Weidenutzung auf Mineralbodengrünland (Mittel aus vier Wiederholungen)

Aufwuchs	Düngung	2001	2002	2003	2005	2006
Wuchshöhe (cm)						
1. Aufwuchs	D1=Ohne Düngung	12	31	22	23	10
	D2=Gülle				26	10
	D2=P (TSP)	12	32	30		
	D3=K (KCl: 60er Kali)	12	32	24	26	10
	D4=K (Mg-Kainit)	11	26	19	23	8
	D5=NK (KAS, KCl: 60er Kali)	19	39	29	27	10
	D6=PK (Patent-PK)	12	30	21	25	10
	D7=PK (Thomaskali)	12	30	23	26	10
	D8=NP (KAS, TSP)	19	38	27	35	11
	D9=NPK (KAS, TSP, KCl: 60er Kali)	20	40	30	35	12
	D10=NPK (AS, TSP, KCl: 60er Kali)	20	39	17		
	D10=Stallmist				26	11
2. Aufwuchs	D1=Ohne Düngung	17	16	16	10	9
	D2=Gülle				9	15
	D2=P (TSP)	16	14	18		
	D3=K (KCl: 60er Kali)	15	16	17	11	8
	D4=K (Mg-Kainit)	16	11	16	10	5
	D5=NK (KAS, KCl: 60er Kali)	22	16	21	11	8
	D6=PK (Patent-PK)	17	14	16	12	8
	D7=PK (Thomaskali)	16	14	16	14	7
	D8=NP (KAS, TSP)	20	19	21	11	9
	D9=NPK (KAS, TSP, KCl: 60er Kali)	21	19	24	12	12
	D10=NPK (AS, TSP, KCl: 60er Kali)	21	19	14		
	D10=Stallmist				11	12
3. Aufwuchs	D1=Ohne Düngung	14	15	8	11	14
	D2=Gülle				9	17
	D2=P (TSP)	14	14	9		
	D3=K (KCl: 60er Kali)	15	13	8	10	13
	D4=K (Mg-Kainit)	13	11	8	10	14
	D5=NK (KAS, KCl: 60er Kali)	18	12	8	13	14
	D6=PK (Patent-PK)	15	13	8	12	16
	D7=PK (Thomaskali)	15	15	8	11	14
	D8=NP (KAS, TSP)	18	14	7	16	15
	D9=NPK (KAS, TSP, KCl: 60er Kali)	19	15	10	14	15
	D10=NPK (AS, TSP, KCl: 60er Kali)	19	14	7		
	D10=Stallmist				12	14
4. Aufwuchs	D1=Ohne Düngung		14			6
	D2=Gülle					11
	D2=P (TSP)		14			
	D3=K (KCl: 60er Kali)		14			7
	D4=K (Mg-Kainit)		10			6
	D5=NK (KAS, KCl: 60er Kali)		15			8
	D6=PK (Patent-PK)		13			7
	D7=PK (Thomaskali)		13			8
	D8=NP (KAS, TSP)		14			7
	D9=NPK (KAS, TSP, KCl: 60er Kali)		15			8
	D10=NPK (AS, TSP, KCl: 60er Kali)		14			
	D10=Stallmist					10

Tabelle A23: Mineralstoffgehalte des Erntegutes in den Einzeljahren bei Schnittnutzung auf Mineralbodengrünland (Mittel aus vier Wiederholungen)

Düngung	1. Aufwuchs			2. Aufwuchs			3. Aufwuchs		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K
in g kg ⁻¹ TS									
2001									
D1=Ohne Düngung.	15	3,4	24	15	3,3	17	21	5,2	29
D2=P (TSP)	14	3,5	23	15	3,3	17	21	5,1	27
D3= K (60% KCl)	15	3,4	26	14	3,2	17	21	5,1	28
D4= K (Mg-Kainit)	14	3,4	25	16	3,0	18	19	4,7	27
D5= NK (KAS, KCl: 60er Kali)	15	3,2	29	16	2,5	22	22	4,4	30
D6= PK (Patent-PK)	15	3,3	25	15	2,9	20	20	4,7	26
D7= PK (Thomaskali)	16	3,2	28	15	2,8	19	21	5,0	29
D8= NP (KAS, TSP)	16	3,4	24	16	2,7	20	20	4,6	27
D9=NPK (KAS, TSP, KCl: 60er Kali)	15	3,3	30	18	2,7	25	21	4,5	27
D10=NPK (AS, TSP, KCl: 60er Kali)	15	3,3	31	16	2,7	24	19	4,1	26
2002									
D1=Ohne Düngung	19	4,1	32	20	4,4	25	23	4,7	38
D2=P (TSP)	18	4,4	31	19	4,4	23	24	5,0	36
D3= K (60% KCl)	19	4,1	41	19	4,3	26	24	4,2	42
D4= K (Mg-Kainit)	19	3,9	38	19	4,2	26	24	4,1	43
D5= NK (KAS, KCl: 60er Kali)	19	3,9	39	13	3,4	22	22	2,7	29
D6= PK (Patent-PK)	19	4,0	37	19	4,1	26	26	3,9	43
D7= PK (Thomaskali)	18	3,9	38	20	4,3	29	24	4,1	42
D8= NP (KAS, TSP)	19	4,2	30	14	3,7	19	23	3,1	30
D9=NPK (KAS, TSP, KCl: 60er Kali)	18	4,1	37	14	3,4	20	23	3,9	38
D10=NPK (AS, TSP, KCl: 60er Kali)	17	4,0	36	13	3,3	20	22	3,6	33
2003									
D1=Ohne Düngung	23	3,8	31	20	5,0	30			
D2=P (TSP)	23	4,0	34	18	4,5	29			
D3= K (60% KCl)	22	3,7	37	20	4,5	31			
D4= K (Mg-Kainit)	22	3,6	34	17	3,9	30			
D5= NK (KAS, KCl: 60er Kali)	23	3,4	35	17	3,6	27	24	3,9	26
D6= PK (Patent-PK)	23	3,6	34	19	4,3	31			
D7= PK (Thomaskali)	22	3,5	35	19	4,0	27			
D8= NP (KAS, TSP)	23	3,8	25	16	3,9	22	25	4,6	23
D9=NPK (KAS, TSP, KCl: 60er Kali)	23	3,7	34	16	3,7	25	24	4,1	29
D10=NPK (AS, TSP, KCl: 60er Kali)	20	3,4	29	15	4,3	25			
2005									
D1=Ohne Düngung	18	2,8	21	19	2,7	15	25	3,4	18
D2=Gülle	17	2,6	22	18	2,7	16	27	3,0	20
D3= K (60% KCl)	21	2,8	27	17	2,4	19	26	2,7	21
D4= K (Mg-Kainit)	21	2,9	28	13	2,7	18	30	2,9	24
D5= NK (KAS, KCl: 60er Kali)	21	2,9	28	17	2,4	17	29	3,4	22
D6= PK (Patent-PK)	21	2,9	29	18	2,4	19	24	2,7	21
D7= PK (Thomaskali)	21	3,0	26	17	2,5	17	28	3,2	24
D8= NP (KAS, TSP)	23	3,4	20	14	2,5	13	28	3,0	22
D9=NPK (KAS, TSP, KCl: 60er Kali)	18	2,9	25	13	2,5	16	29	3,2	23
D10=Stallmist	20	2,8	24	17	2,4	16	25	2,8	20

Fortsetzung Tabelle A23

2006									
D1=Ohne Düngung	21	2,4	18	22	3,1	20	25	3,6	23
D2=Gülle	20	2,4	19	20	2,8	22	27	4,1	34
D3= K (60% KCl)	23	2,4	26	21	2,7	26	24	3,7	32
D4= K (Mg-Kainit)	21	2,6	23	20	2,4	22	22	3,5	30
D5= NK (KAS, KCl: 60er Kali)	19	2,4	24	20	3,1	24	23	3,6	32
D6= PK (Patent-PK)	21	2,5	26	20	2,5	22	24	3,4	32
D7= PK (Thomaskali)	21	2,7	23	22	2,9	20	27	3,9	34
D8= NP (KAS, TSP)	16	2,6	19	19	2,8	20	22	4,2	26
D9=NPK (KAS, TSP, KCl: 60er Kali)	19	2,6	24	17	2,8	23	23	4,3	33
D10=Stallmist	23	2,8	28	23	2,6	23	24	3,4	30

Tabelle A24: Mineralstoffgehalte des Erntegutes in den Einzeljahren bei Weidenutzung auf Mineralbodengrünland (Mittel aus 4 Wiederholungen)

Düngung	1. Aufwuchs			2. Aufwuchs			3. Aufwuchs			4. Aufwuchs		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K
in g kg ⁻¹ TS												
2001												
2002												
D1=Ohne Düngung	23	4,3	39	27	4,6	42	28	5,0	40	25	4,1	44
D2=P (TSP)	24	4,4	39	25	4,8	42	26	5,1	37	24	4,5	47
D3= K (60% KCl)	24	4,5	43	24	4,6	41	23	4,9	35	24	4,3	46
D4= K (Mg-Kainit)	24	4,4	42	25	4,7	42	27	5,0	39	24	4,4	45
D5= NK (KAS, KCl: 60er Kali)	24	4,2	44	26	4,2	42	25	4,6	38	26	3,7	47
D6= PK (Patent-PK)	24	4,3	42	26	4,5	41	27	5,1	37	25	4,0	46
D7= PK (Thomaskali)	23	4,6	40	26	4,5	41	26	5,0	36	27	4,1	46
D8= NP (KAS, TSP)	25	4,6	38	27	4,3	38	26	5,1	35	27	3,5	40
D9=NPK (KAS, TSP, KCl: 60er Kali)	26	4,8	41	28	4,1	41	27	4,7	38	28	3,5	45
D10=NPK (AS, TSP, KCl: 60er Kali)	24	4,5	44	26	4,0	40	26	4,6	39	27	3,4	42
2003												
D1=Ohne Düngung	27	4,0	35									
D2=P (TSP)	30	4,6	41									
D3= K (60% KCl)	28	4,2	40									
D4= K (Mg-Kainit)	27	4,0	39									
D5= NK (KAS, KCl: 60er Kali)	28	4,1	30									
D6= PK (Patent-PK)	26	4,0	38									
D7= PK (Thomaskali)	25	4,0	38									
D8= NP (KAS, TSP)	26	4,2	37									
D9=NPK (KAS, TSP, KCl: 60er Kali)	29	4,6	41									
D10=NPK (AS, TSP, KCl: 60er Kali)	25	3,9	36									
2005												
2006												
D1=Ohne Düngung	19	2,9	21	20	3,3	21	32	5,4	37			
D2=Gülle	20	3,1	22	17	3,1	23	25	5,2	36			
D3= K (60% KCl)	21	3,3	28	20	3,2	22	27	5,2	39			
D4= K (Mg-Kainit)	18	2,9	22	22	3,4	30	31	5,6	44			
D5= NK (KAS, KCl: 60er Kali)	19	3,1	26	14	2,6	15	28	5,8	40			
D6= PK (Patent-PK)	20	3,2	26	19	3,0	23	31	5,5	42			
D7= PK (Thomaskali)	22	3,5	28	22	3,1	28	31	5,2	42			
D8= NP (KAS, TSP)	21	3,3	22	17	3,2	21	29	5,2	36			
D9=NPK (KAS, TSP, KCl: 60er Kali)	21	3,5	31	15	2,9	20	29	5,5	37			
D10=Stallmist	22	3,1	30	18	3,4	29	28	5,1	40			

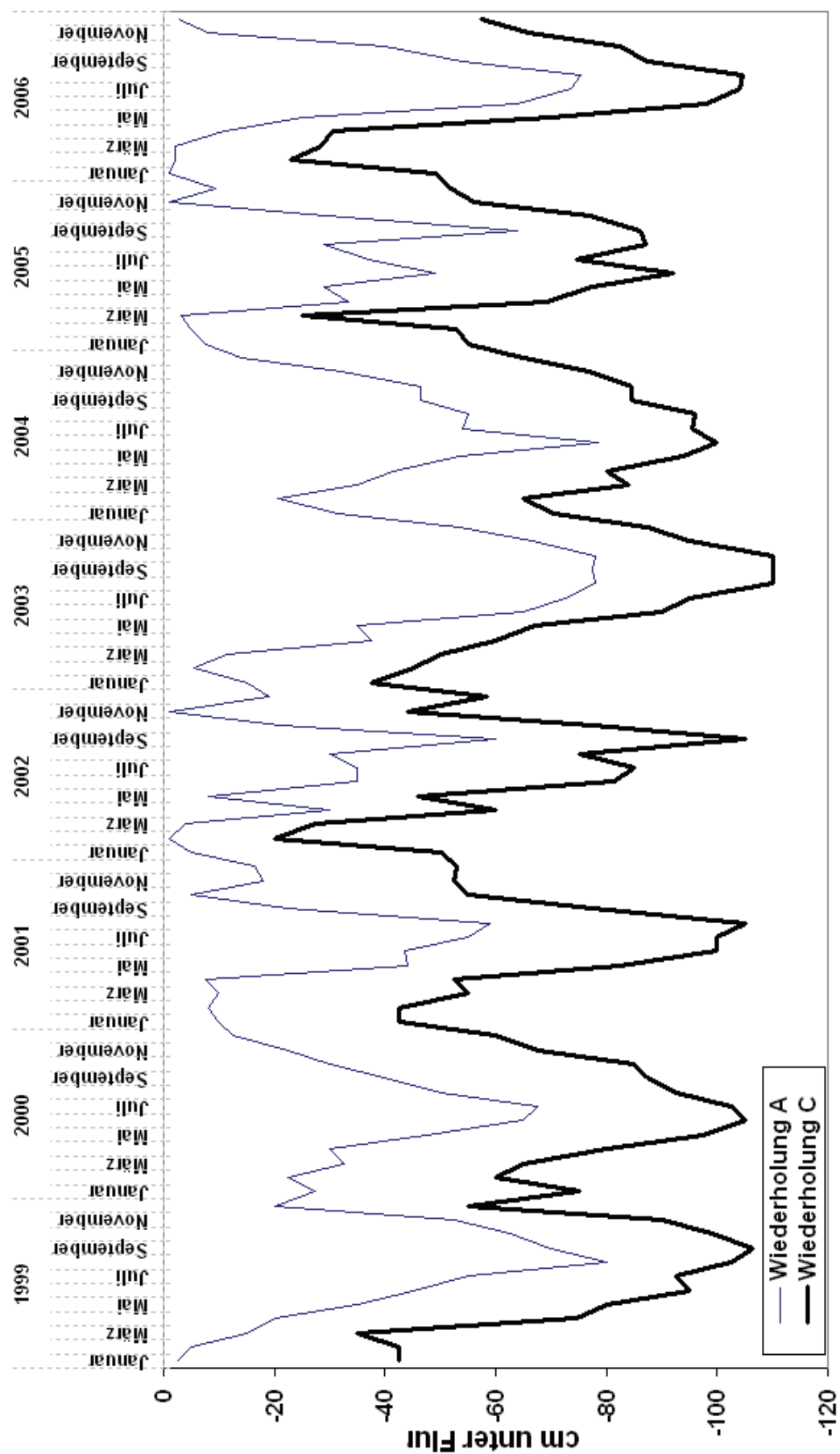


Abbildung A1: Grundwasserganglinie auf Niedermoorgrünland im Versuchsverlauf

Erklärung

Ich erkläre, dass ich die eingereichte Dissertation selbständig und ohne fremde Hilfe verfasst, andere als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und die den benutzten Werken wörtlich oder inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Rostock,

Eyad Alabsi

Danksagung

Mein besonderer Dank gilt Frau Prof. Dr. Renate Schönfeld-Bockholt für die Vergabe des Themas, die Übernahme meiner Betreuung während der Anfertigung dieser Dissertation und ihre Geduld bei der Fertigstellung meiner Arbeit. Sie stand jederzeit als Diskussionspartnerin zur Verfügung und gab mir hilfreiche Anregungen.

Ich bedanke mich außerdem bei Herrn Dr. Müller für die ständige Hilfsbereitschaft und Unterstützung. Herr Breuel und Frau Rewoldt gewährten mir Anregung und Hilfe bei der Durchführung der chemischen Analysen im Labor. Dafür möchte ich mich auch bei ihnen herzlich bedanken.

Außerdem bin ich allen ehemaligen und jetzigen Mitarbeitern des Fachgebietes Acker- und Pflanzenbau sehr dankbar für die tolle Arbeitsatmosphäre und ihre stete Hilfsbereitschaft. Ich bedanke mich bei Herrn Prof. Dr. habil. Köppen, Frau Dr. habil. Eichler-Löbermann und Frau Brigitte Claus für die ständige Hilfsbereitschaft und Unterstützung.

Mein besonderer Dank geht auch an Frau Dr. habil. Lisa Dittmann, die mir mit Ihrem fachlichen Rat bei der statistischen Auswertung von Versuchsdaten eine wertvolle Hilfe war.

Ebenso bedanke ich mich bei Herrn Dr. Klaus, Frau Schlosser, Herrn Kittel und Frau Hecht aus der Versuchsstation Rostock für die Unterstützung bei der Aufbereitung meiner Futterproben und für die Anleitung der Versuchsarbeit.

Besonderer Dank gilt weiterhin der Universität Aleppo in Syrien für die Vergabe eines Stipendiums zur Finanzierung meines 6-jährigen Studiums in Rostock.

Mein besonderer Dank gilt meinen Eltern und meinen Kindern Mohamed und Albaraa. Ebenso lieben Dank an meine Ehefrau (Hend), die mich tatkräftig unterstützt.

LEBENS LAUF

Name: Alabsi

Vorname: Eyad

Geburtsdatum: 24.05.1976

Geburtsort: Syrien, Edleb

Staatsangehörigkeit: syrisch

1981 – 1987 Grundschule in Syrien, Edleb, Jarjanaz

1988 – 1991 Realschule in Syrien, Edleb, Jarjanaz

1992 – 1994 Gymnasium in Syrien, Edleb, Jarjanaz
Abschluss: Abitur

1995 – 2001 Hauptstudium der Agrarwissenschaften an der
Aleppo Universität, Fachrichtung Umweltwissen-
schaft
Abschluss: Diplom- Agraringenieur

seit Mai 2005 Doktorandenstudium und Anfertigung einer Disser-
tation am Institut für Landnutzung, Grünland und
Futterbau der Universität Rostock